

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON DOS VARIEDADES DE
ORTIGA (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) EN LA CALIDAD DEL
SUELO USADO COMO BOTADERO A CIELO ABIERTO,
MARABAMBA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO -
2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Paredes Tello, Erick Elías

ASESOR: Zacarias Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47515700

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Magister en Ciencias de la Educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

DATOS DE LOS JURADOS:

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES | GRADO | DNI | Código ORCID |
|----|--------------------------------|--|----------|---------------------|
| 1 | Cámara Llanos, Frank Erick | Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria | 44287920 | 0000-0001-9180-7405 |
| 2 | Vásquez Baca, Yasser | Máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental. | 42108318 | 0000-0002-7136-697X |
| 3 | Duran Nieva, Alejandro Rolando | Biólogo | 21257549 | 0000-0001-5596-0445 |

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 20:00 horas del día 26 del mes de octubre del año 2021, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:


- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Presidente)
- Mg. Yasser Vásquez Baca (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°1340-2021-D-FI-UDH**, para evaluar la **Tesis** intitulada: **"EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON DOS VARIEDADES DE ORTIGA (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) EN LA CALIDAD DEL SUELO USADO COMO BOTADERO A CIELO ABIERTO, MARABAMBA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO - 2021"**, presentado por el (la) **Bach. ERICK ELIAS PAREDES TELLO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

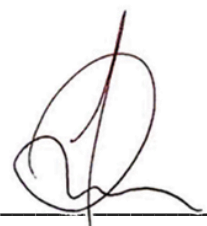
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 20:57 horas del día 26 del mes de octubre del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A Dios Nuestro Señor por su gracia y salvación. A mi madre Ayda Tello Andrés, que con su sublime e incondicional amor me brindó su apoyo, al igual que mi padre Eleuterio Paredes Concha, siendo ellos pilares para lograr todo esto.

A mis hermanos Edel, Ely y Enrique; por los años juntos y los valores que cada uno de ellos han sabido mantener.

A mis hermanos en Cristo; Geoff y Tina; Edwin y Alicia; Dumer y Chriss, por los pasos que me ayudaron a dar en mi vida espiritual.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Creador, por su gracia y misericordia en mi vida, a mis padres, hermanos y las personas que estuvieron en constante apoyo motivandome a cumplir mis objetivos.

También, quiero expresar mi agradecimiento a mi asesor Mg. Zacarías Ventura, Héctor Raúl, por el aval al proceso de la tesis.

Agradezco a los docentes formadores de nuestra universidad, al Ing. Calvo Trujillo, Heberto; al Blgo. Duran Nieva, Alejandro Rolando y al Ing. Torres Marquina, Miguel Ángel, por su constante aliento a ser buenos profesionales con su propio ejemplo.

Además, agradezco a mis amigos, que brindaron su colaboración en el proceso de esta tesis.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| ÍNDICE | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | x |
| INTRODUCCIÓN | xi |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 13 |
| 1.1. Descripción del problema..... | 13 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 16 |
| 1.2.1. Formulación del problema general | 16 |
| 1.2.2. Formulación de problemas secundarios | 16 |
| 1.3. Objetivos | 16 |
| 1.3.1. Objetivo general | 16 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 16 |
| 1.4. Justificación de la investigación | 17 |
| 1.5. Limitaciones de la investigación..... | 18 |
| 1.6. Viabilidad de la investigación | 18 |
| 1.6.1. Viabilidad ambiental. | 18 |
| 1.6.2. Viabilidad operativa. | 18 |
| 1.6.3. Viabilidad técnica. | 18 |
| 1.6.4. Viabilidad social..... | 19 |
| 1.6.5. Viabilidad económica. | 19 |
| CAPÍTULO II | 20 |
| MARCO TEÓRICO | 20 |
| 2.2. Antecedentes de la investigación..... | 20 |
| 2.2.1. Antecedentes internacionales | 20 |
| 2.2.2. Antecedentes nacionales | 22 |
| 2.2.3. Antecedentes locales | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.3. Bases teóricas | 27 |
| 2.3.1. Fitorremediación | 27 |
| 2.3.2. Estrategias de fitorremediación..... | 29 |
| 2.3.3. Calidad del suelo | 35 |
| 2.3.4. Suelo..... | 36 |
| 2.3.5. Propiedades físicas de un suelo | 37 |
| 2.3.6. Propiedades químicas del suelo | 44 |
| 2.3.7. Propiedades biológicas del suelo..... | 47 |
| 2.4. Definiciones conceptuales | 50 |
| 2.5. Hipótesis | 53 |
| 2.5.1. Hipótesis general..... | 53 |
| 2.5.2. Hipótesis secundarias | 53 |
| 2.6. Variables..... | 54 |
| 2.6.1. Variable independiente | 54 |
| 2.6.2. Variable dependiente | 54 |
| 2.7. Operacionalización de variables | 55 |
| CAPÍTULO III..... | 56 |
| MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 56 |
| 3.1. Tipo de investigación | 56 |
| 3.1.1. Enfoque..... | 56 |
| 3.1.2. Alcance o nivel..... | 56 |
| 3.1.3. Diseño..... | 56 |
| 3.2. Población y muestra..... | 57 |
| 3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos | 57 |
| 3.3.1. Para la recolección de datos..... | 57 |
| 3.3.2. Para la presentación de datos | 61 |
| 3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información | 61 |
| CAPÍTULO IV..... | 62 |
| RESULTADOS..... | 62 |
| 4.1. Procesamiento de datos | 62 |
| 4.2. Contrastación de Hipótesis y Prueba de hipótesis..... | 67 |
| CAPÍTULO V..... | 71 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 71 |

| | |
|---------------------------------|----|
| CONCLUSIONES | 75 |
| RECOMENDACIONES..... | 76 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 77 |
| ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Relación de la densidad aparente entre la porosidad total | 38 |
| Tabla 2 Generalización de valores para retener la humedad a 0.3 y 15 bar. Según el tipo textural para diferentes suelos | 40 |
| Tabla 3 Interpretación por rangos a la estabilidad de la estructura en relación con la media del diámetro ponderado | 40 |
| Tabla 4 Rango de interpretación de la humedad equivalente | 43 |
| Tabla 5 Ordenamiento por clases de velocidad de infiltración | 44 |
| Tabla 6 La clasificación de la acidez en solución de suelo. | 45 |
| Tabla 7 Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico según el material. | 46 |
| Tabla 8 Actividades de la microflora y fauna en el suelo por procesos de descomposición y en la estructural | 49 |
| Tabla 9 Coordenadas de ubicación de población de estudio | 57 |
| Tabla 10 Propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga | 62 |
| Tabla 11 Propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga | 63 |
| Tabla 12 Metales pesados en el suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga | 64 |
| Tabla 13 Propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga | 65 |
| Tabla 14 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluación de la normalidad en las mediciones | 66 |
| Tabla 15 Contrastación de la hipótesis con t de Student para muestras independientes | 67 |
| Tabla 16 Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores físicos y metales pesados químicos y biológicos del suelo | 68 |
| Tabla 17 Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores químicos del suelo | 69 |
| Tabla 18 Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores biológicos del suelo | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Los tipos de fitorremediación | 30 |
| Figura 2 Textura del suelo según la proporción de arcilla, arena y limo | 37 |
| Figura 3 El color del suelo | 41 |
| Figura 4 Localización de puntos de muestreo en el área de excavación regular: forma de cuadrado..... | 58 |
| Figura 5 Técnica del cuarteo para recolección de muestras..... | 59 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como **objetivo** demostrar el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto. La **metodología** fue de tipo experimental, con dos grupos operacionales y cuatro repeticiones. Para verificar el efecto se analizaron los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, además de tres metales pesados (plomo, cadmio y zinc) que fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Los **resultados** demuestran que en el análisis mecánico inicial y final el suelo se clasifica en textura franco arenoso con ambas variedades de ortiga, se produjo un efecto significativo en la reducción de 80.5 ppm de Pb. y de 1.64 ppm Cd con *Urtica urens* L y 92.5 ppm de Pb. y 1.575 ppm de Cd con *Urtica dioica* L.; el pH pasó de ligeramente alcalino (7.39) a moderadamente alcalino (7.9) con *Urtica urens* L, mientras que con *Urtica dioica* L. el pH cambió de 7.38 a 7.8, manteniéndose dentro del rango de ligeramente alcalino. El suelo de *Urtica urens* L. tuvo valores de M.O.= 0.195, N = 0.0075%, P = 06 ppm y K = -7.5 ppm, mientras que el de *Urtica dioica* L. evidenció M.O.=0.4975 ppm; N = 0,0075 %; P = 11.75 ppm y K = 44.25 ppm. En **conclusión**, *Urtica urens* L. tuvo efecto sobre los indicadores químicos del suelo (pH; M.O.; P; N; K), en la reducción de metales pesados (Pb y Cd) y en la estimulación de microorganismos benéficos mientras que *Urtica dioica* L. tuvo menores efectos sobre los mismos indicadores.

Palabras claves: Fitorremediación, ortiga, *Urtica urens* L., *Urtica dioica* L. calidad del suelo.

ABSTRACT

The **objective** of this study was to demonstrate the phytoremediation's effect of two varieties of nettle (*Urtica urens* L. and *Urtica dioica* L.) on the quality of the soil used as an open dump. The **methodology** used was experimental, with two operational groups and four iterations. Soil's physical, chemical and biological parameters were used to analyze such effect, in addition to three heavy metals (lead, cadmium and zinc) that were contrasted with the Environmental Quality Standards (ECA) for Soil approved by Supreme Decree No. 011-2017-MINAM. The **results** showed that the initial and final mechanical analysis classify the soil in sandy loam texture with both varieties of nettle, a significant effect in reducing 80.5 ppm Pb. and 1.64 ppm Cd with *Urtica urens* L. and 92.5 ppm Pb. and 1.575 ppm Cd with *Urtica dioica* L.; the pH varied from slightly alkaline (7.39) to moderately alkaline (7.9) with *Urtica urens* L., meanwhile in the case of *Urtica dioica* L. the pH changed from 7.38 to 8, staying within the range slightly alkaline. *Urtica urens* L. soil had the values M.O. = 0.195, N = 0.0075%, P = 06 ppm, K = -7.5 ppm, meanwhile *Urtica dioica* L. soil had M.O. = 0.4975 ppm; N = 0.0075 %; P = 11.75 ppm; K = 44.25 ppm. In **conclusion**, *Urtica urens* L. had an effect on soil chemical indicators (pH, M.O. P, N, K), reduction of heavy metals (Pb and Cd) and stimulation of beneficial microorganisms, meanwhile *Urtica dioica* L. had a lesser effect on the same indicators.

Key words: phytoremediation, nettle, *Urtica urens* L., *Urtica dioica* L. soil quality.

INTRODUCCIÓN

Los suelos a lo largo de los años han recibido impactos negativos de sobreexplotación y cambio de uso para diferentes actividades antrópicas, entre ellos los residuos sólidos, su mala disposición, y la generación de pasivos ambientales, siendo este un problema que altera el ecosistema suelo, degradándolo y reduciendo los servicios que brinda, afectando de manera directa al desarrollo social. Además de generar lixiviados que contaminan las aguas superficiales y subterráneas, como también gases que alteran la calidad del aire, el suelo pasa por alteraciones a sus propiedades físicas, químicas y biológicas por la sobreacumulación de materia orgánica e inorgánica, esta situación hace que sea más compleja una solución sostenible.

La fitorremediación viene siendo una alternativa sostenible, frente a diversos problemas de los suelos, en este proyecto de investigación se busca aportar los conocimientos de los efectos de fitorremediación con la especie ortiga con dos variedades (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) sobre el suelo usado como botadero a cielo abierto, la que permite generar la siguiente interrogante ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto?

La estructura de la presente investigación comprende con cinco capítulos, enfocados cada uno en diferentes aspectos de la siguiente manera:

El capítulo I, comprende desde el planteamiento del problema y su descripción, formulación del problema, objetivos, justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

El capítulo II, comprende con la descripción de los antecedentes internacionales, nacionales y locales, además de las bases teóricas, definición conceptual de la investigación, formulación de las hipótesis, y operacionalización de las variables.

El capítulo III, contiene la metodología empleada en el proceso de la investigación que comprende desde el tipo de investigación, su enfoque, alcance, y diseño; se definió también la población y muestra de estudio, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información

El capítulo IV, contiene los resultados obtenidos durante toda la investigación, que comprende desde la interpretación y análisis de los resultados, contrastación o prueba de hipótesis de la investigación.

El capítulo V, comprende las discusiones de resultados obtenidos, se presentan las conclusiones obtenidas del proyecto de investigación, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que contiene panel fotográfico del desarrollo del proyecto de investigación y los resultados emitidos por el laboratorio de los análisis de las muestras de suelo de la UNAS.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El suelo en su importante papel de la sostenibilidad de los ecosistemas naturales y de los servicios en los que constituye un reservorio temporal del ciclo del agua que filtra y avanza hacia los acuíferos. Es también el principal soporte de todos los seres que se desarrollan en el ecosistema, a los que suministra el agua y los nutrientes que necesitan para el desarrollo completo de su vida. (Espejo, 2016).

La pérdida de la calidad del suelo es provocada por la presión de las actividades humanas, esto acarrea un cambio muy extremo de sus propiedades. Hace casi un siglo se tienen prácticas conservacionistas sobre el manejo de suelos, que se basa en la eliminación del laboreo y la potenciación de los horizontes superficiales de restos orgánicos que protegen al suelo de la erosión haciendo que el carbono orgánico del suelo se desenvuelva de manera similar a los ecosistemas naturales.

La contaminación del suelo que cada vez está en aumento es un tema de preocupación en todos los continentes. En el 2017, la Asamblea Ambiental de las Naciones Unidas (UNEA-3) incorporó una resolución que solicita por acciones prontas por ayuda para abordar y manejar la contaminación del suelo. Mas de 170 de países lograron este consenso, que deja en evidencia que la contaminación del suelo es un tema de importancia a nivel global, y es por ello que estos países proponen implementar soluciones de manera concreta para minimizar los impactos y reducir la amenaza. Las principales actividades humanas de la contaminación del suelo son la incorporación de químicos, en productos y subproductos de actividades industriales, los residuos sólidos, actividad ganadera y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo. Algunos químicos son

incorporados al ambiente por accidente, por ejemplo, por derrames de hidrocarburos o filtración de vertederos intencionalmente, tal cual sucede con los fertilizantes y plaguicidas, aguas no tratadas usadas para riego o los lodos residuales. (Rodríguez et al., 2019).

Los principales servicios ecosistémicos que el suelo puede proveer son capaces de degradar de manera muy significativa la contaminación del suelo, basado en las intervenciones científicas. Cuanto más suelo se contamina, también se reduce la estabilidad alimentaria al impactar el rendimiento agrícola, por los niveles elevados de los contaminantes y tóxicos y al ocasionar que las cosechas producidas en suelos contaminados sean peligrosas para la cadena trófica. Muchos contaminantes (por el proceso de lixiviación) son transportados del suelo por el ciclo hidrológico afectando aguas superficiales y subterráneas, esto genera gran impacto ambiental y problemas directos a la salud humana. Los contaminantes que van al suelo también afectan de manera directa a las propiedades biológicas del suelo (microorganismos y organismos mayores) con esto se ve afectado casi en su totalidad la biodiversidad del suelo reduciendo sus servicios ecológicos.

De los más grandes problemas que afronta el Perú, está el inadecuado manejo de los residuos sólidos, que llegan a 19000 toneladas al día, de los cuales el 44 % terminan en botaderos, 52 % dispuestos en rellenos sanitarios y el 4 % son aprovechados. De los 1585 botaderos identificados a nivel nacional, 27 han sido categorizados como áreas que pueden ser integradas a infraestructuras formales para disposición final de residuos sólidos. Ancash con 149 botaderos es el departamento con mayor presencia, le sigue Cajamarca con 149 y Puno con 111, pero las áreas más afectadas por extensión de terrenos son Lambayeque con 438 hectáreas, Ica con 276 y Piura con (Abanto, 2019).

Los botaderos en su mayoría no tuvieron un plan de desarrollo, por lo tanto, según la normativa deberían ser clausurados, puesto que siguen generando impactos ambientales y sociales. El ente fiscalizador OEFA, sostiene que las municipalidades presentan a la autoridad competente

sus Programas de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, a la autoridad, para lo cual cuentan con un plazo de ocho (8) meses después de aprobadas las guías. Y el Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos para aquellas municipalidades que cuentan con botaderos que se puedan recuperar, después de que aprueben las guías para su elaboración tendrá un plazo de dos años.

Huánuco, cuenta con uno de los botaderos de basura más grandes que hay en el país con una extensión de 270 hectáreas. Con una cercanía al centro de la ciudad ubicado en el sector de Marabamba, es sin duda un foco infeccioso que además de alterar el medio ambiente, por sus diversos efectos que van desde lixiviados hasta emisión de gases que debilitan la capa de ozono, traen problemas que ponen en peligro la salud de las personas. Aun sobre este conflicto este pasivo ambiental es un lugar de trabajo para muchas personas entre adultos, jóvenes y niños, sin medir el peligro de contraer alguna enfermedad (J. Abanto et al., 2016).

El botadero de Chilipampa que también está cielo abierto, viene afectando a los trabajadores, como también causando un impacto al ecosistema. El pésimo tratamiento de los residuos sólidos es una de las causas, con eso se suma la aparición de ratas, aves que se alimentan de residuos en descomposición y los molestos simúlidos.

El presente estudio pretende contribuir al conocimiento que se tiene sobre técnicas para el tratamiento de suelos, por medio de la experimentación, teniendo en cuenta el potencial fitorremediador de la planta Ortiga, para constituirse en una alternativa, que permita remediar los suelos y recuperar su calidad, acorde a los estándares normativos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del problema general

¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto?

1.2.2. Formulación de problemas secundarios

¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)?

¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)?

¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)?

¿Cuáles son las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Demostrar el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

1.3.2. Objetivos específicos

Describir las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)

Describir la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)

Describir las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)

Describir las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)

1.4. Justificación de la investigación

En la actualidad las condiciones que presentan los suelos del botadero de Marabamba, hace notar que no se ha dado una recuperación óptima, esto desfavorece la calidad del suelo, darle una alternativa para poder mitigar esos problemas y recuperar el ecosistema es de suma importancia

Con esta investigación se pretende contribuir para el desarrollo, y mejorar las condiciones de los pobladores del centro poblado de Marabamba, puesto que hasta la actualidad siguen siendo afectados por la presencia de elementos tóxicos, que contaminan el suelo, agua y aire de su localidad.

La presente investigación se sitúa en mejorar la calidad del suelo, contaminado por acumulación de residuos sólidos en el botadero a cielo abierto de Marabamba, haciendo uso la fitorremediación, que se está convirtiendo en una tecnología prometedora y limpia, a diferencia con otras técnicas que tienen limitaciones, son caros y no amigables con el medio ambiente.

Los resultados que se obtengan de esta investigación servirán para contribuir a nuevas investigaciones haciendo uso de la fitorremediación, asociarlas a las nuevas tecnologías y encontrar mejores soluciones a la problemática de contaminación de suelos.

1.5. Limitaciones de la investigación

Nuestra universidad no cuenta con laboratorio especializado para el análisis de suelo, agua y bacteriológico y se tiene que recurrir a otras universidades y laboratorios certificados.

Los análisis de las muestras son de precios elevados.

El uso de la ortiga está limitada a dos variedades: ortiga mayor (*Urtica urens L*) y ortiga mayor (*Urtica dioica L*).

La emergencia sanitaria y sus restricciones no permiten el uso de bibliotecas físicas.

1.6. Viabilidad de la investigación

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se consideraron los siguientes criterios.

1.6.1. Viabilidad ambiental.

La contaminación de los suelos por lixiviados producidos por la acumulación de residuos orgánicos no tratados adecuadamente contamina los suelos aire y las aguas, conociendo el daño producido y la adecuada técnica de remediación se podrá dar solución a los diferentes problemas ambientales.

Se trabajó con dos variedades de ortiga planta nativa que no cuesta adquirirla y se acomodó al terreno de estudio y las condiciones climáticas.

1.6.2. Viabilidad operativa.

El desarrollo del presente estudio de investigación se mostró viable operativamente porque se va contó con apoyo logístico necesario (movilidad, personal y materiales necesarios).

1.6.3. Viabilidad técnica.

Se contó con el asesoramiento de docentes de nuestra universidad y personal técnico especializado en dicha área.

1.6.4. Viabilidad social.

Se tuvo en cuenta el respeto por las personas adyacentes al área de estudio, sin perjudicar su vivencia diaria, recomendándoles que el estudio les va a beneficiar directa o indirectamente.

1.6.5. Viabilidad económica.

El estudio fue viable de manera económica, puesto que se contó con los recursos para el proceso del presente estudio, los cuales fueron asumidos por el investigador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

López & Contreras (2017), en su Tesis titulada: “Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal”, Universidad de Salle, Bogotá Colombia, que tuvo como **objetivo** evaluar de manera experimental la factibilidad de aplicación de la fitorremediación con especies vegetales endémicas de la región como alternativa para la recuperación del suelo utilizado como botadero a cielo abierto contaminado con metales pesados en la sede de Utopía de la Universidad de la Salle. La **metodología**, inicialmente consistió en hacer un análisis de las características físico-químicas y porcentaje de metales pesados sobre el suelo en el lugar del botadero en comparación con el contenido presente en un suelo sin actividad antrópica, después de identificar los metales, se pasó a seleccionar especies vegetales que mejor puedan responder a las necesidades de remoción de metales y a la adaptarse a condiciones del suelo. Luego, procedió elaborar 14 montajes de simulación para elaborar si son eficientes para la remoción de metales pesados, sus rasgos observables y la concentración de los metales pesado a lo largo del tejido vegetal, de tal manera se analizaron reacciones físicas y toxicológicas sobre la planta y finalmente se realizaron evaluaciones factibilidad, la cual permitió conocer cuan viable es económica esta alternativa. Por los resultados, se tiene que el pH de la Muestra Blanco tiene un valor de 5,7, lo que no indica problemas graves de acidez, pero que si está relacionado con problemas de Al^{3+} Intercambiable. Por otro lado, la Muestra Botadero, presenta un valor de 4,4 pH, el que indica ser un suelo extremadamente ácido, lo cual se relaciona con el déficit de bases intercambiables y presencia de metales pesados, es por esto que la actividad microbiana que se encarga

en descomponer la materia orgánica y provisión de nutrientes a las plantas disminuye su actividad, lo cual reduce el suministro de estos elementos al suelo, lo cual ocasiona una baja fertilidad. Llegando a la **conclusión** que ella tecnología que se identificó en el desarrollo del estudio corresponde a la fitoextracción, lo cual es un subgrupo de métodos de eliminación, donde los metales Ni y Cu se fueron extraídos del suelo por la acción de la planta sobre ellos, también se apreció la acumulación de dichos metales a lo largo del tejido vegetal.

Zúñiga (2020) en su Tesis titulada: “Fitorremediación de suelo agrícola contaminado con cadmio con la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, en la cuenca baja del río Guayas”, Universidad de Guayaquil-Ecuador, tuvo por **objetivo** fitorremediar el cadmio (Cd) sobre un suelo contaminado, proveniente de una de las fases del proyecto de investigación FCI 027-2017 “Efectos del cadmio sobre la germinación, biomasa y nivel de sacarosa en variedades de caña de azúcar en Ecuador” de la cuenca baja del Río Guayas, a diferentes concentraciones, **la metodología** se realizó haciendo uso de una especie de macrófita acuática, con la que se realizó plantaciones sobre los suelos contaminados, se realizó el bioensayo con concentraciones de (2; 4; y 8) mg/kg de cadmio (Cd). La macrófita seleccionada y adaptada en el sustrato la cual fue materia de la investigación y realizar la fitorremediación se tuvo a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, la cual fue sometida durante sesenta y dos días a las 3 concentraciones de cadmio (Cd), cuyos **resultados** de remoción de cadmio (Cd) en los suelos contaminados del orden de 11.75% y 23.63%, en los grupos C (4mg/kg) y el grupo D (8mg/kg), se **concluyó** que la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, es capaz de realizar la fitorremediación en suelos que fueron contaminados con cadmio (Cd); también, tiene una excelente respuesta a diversas concentraciones por su a su adaptabilidad en los sustratos.

Queupuan (2017) en su Tesis titulada: “Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo

de *Atriplex halimus* L. Universidad de Chile, tuvo por **objetivo** evaluar la estrategia de fitorremediación inducida para reducir la contaminación de suelos por plomo (Pb) mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L., para la **metodología** se trabajaron en veinticuatro (24) macetas con suelo contaminado con plomo (Pb) (2.950 mg kg⁻¹) que provinieron de La Comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso, y fueron incorporados ácido cítrico en (2) dos dosis como un agente quelante (4 g L⁻¹ y 8 g L⁻¹) a través del agua usada para riego. Se realizó una evaluación con concentración de plomo (Pb) en la especie *Atriplex halimus* L. a los noventa (90) y ciento ochenta (180) días de ensayo. Obteniendo **resultados**, permiten mencionar que aplicar continuamente el ácido cítrico produce un aumento significativo en las concentraciones de plomo (Pb) en el tejido vegetal planta. Se obtuvo mayores concentraciones con la dosis de 8 g L⁻¹, del elemento en la planta, el que alcanzó 28,6 ± 3,9 mg kg⁻¹ en las hojas y 200,2 ± 38,8 mg kg⁻¹ en las raíces. Pero, se pudo observar, a los 6 meses (180 días) de ensayo, que adicionar ácido cítrico disminuye de manera significativa la producción de materia seca en las raíces. También que la especie *Atriplex halimus* L. tuvo bajo valores en el índice de transporte aéreo tanto a los tres meses (90 días) como a los 180 días de ensayo. Se **concluyó** que esta especie *Atriplex halimus* L. tiene la capacidad acumuladora de plomo (Pb) en las raíces, por lo cual es una especie recomendable para la fitoestabilización de suelos contaminados con por este metal pesado.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Díaz (2017) en su Tesis titulada: “Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en La Oroya, Junín”, Universidad César Vallejo, tuvo como **objetivo** principal determinar la capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados por plomo (Pb), En la **metodología** de estudio se abarcó un periodo de dos (2) meses, en la que se pudo observar la acumulación de plomo (Pb) en las hojas y raíces de la *Urtica urens* L. La investigación se realizó con la técnica ex situ y un diseño experimental, que tuvo cinco (5) repeticiones,

para lo cual se realizó análisis antes y después del tratamiento mediante la fitorremediación. Los **resultados** obtenidos muestran que la ortiga (*Urtica urens L.*) logró una acumulación de 84,34 mg/kg en sus hojas y 25,06 mg/kg en las raíces, cuya concentración inicial fue 1119.51 mg/kg y la final de 1010,05 mg/kg, por lo tanto, se pudo lograr una disminución de 109,046 mg/kg de plomo (Pb). Se **concluyó** que la ortiga (*Urtica urens L.*) es capaz de acumular plomo (Pb) presente en el suelo contaminado, en La Oroya, con una acuuación de 109.46 mg/ kg, en sus hojas como en sus raíces.

Yacolca (2017) en su Tesis titulada: “Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens L.*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco”, Universidad César Vallejo, La investigación tuvo por **objetivo** evaluar la capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens L.*), en suelos contaminados con plomo (Pb) en un pasivo ambiental, La **Metodología** fue experimental con la técnica ex situ, para la que se utilizaron cuatros (4) almácigos de ortiga con veinte días de germinación, luego se transplantaron en diferentes macetas cuya capacidad fue de cinco kilogramos, el sustrato tuvo un 80 % de composición de suelo contaminado en la parte inferior, y un 20% de sustrato orgánico (humus de lombriz) que no se mezcló y se puso en la parte superior, se dio un tratamiento durante 4 meses, los análisis iniciales de plomo (Pb) arrojaron 424,84 mg/kg, después de tratamiento el **resultado** muestra una disminución en la que se obtuvo 324,55 mg/kg de porcentaje de plomo (Pb) en el suelo. Se pudo determinar la existencia de una relación directa y proporcional del porcentaje de plomo y la biomasa, se pudo obtener también variaciones de consideración en la morfología de las cuatro plantas, además se obtuvo la reducción del plomo en 243,63 mg/kg en una de las 4 repeticiones. Y una mejora sobre los parámetros físico-químicos del suelo sometido a la evaluación. Se **concluyó** que la ortiga (*Urtica Urens L*) tiene capacidad fitorremediadora sobre suelos contaminados con porcentajes altos de plomo en un pasivo ambiental.

Marcelo (2017) en su Tesis titulada: “Capacidad de fitorremediación con *Urtica urens* L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco”, La Libertad, Universidad César Vallejo, cuyo **objetivo** fue determinar la capacidad de fitorremediación con *Urtica urens* L. en suelos con presencia de metales pesados, en la **metodología** para la investigación se usó la técnica ex situ en macetas para la especie vegetal ortiga. El diseño aplicado en la investigación fue cuasi experimental desde la preprueba, post prueba y un también grupo control. Se tuvieron dos grupos operacionales, el primero de tipo experimental con tres (3) repeticiones y el segundo, grupo control. La muestra tomada fue de 15000 g de suelo. La concentración de los metales pesados fue determinada del suelo mediante la realización de trazas con el método EPA Method 200.7, Rev.4.4. Los **resultados**, después de 98 días de desarrollo de la ortiga (*Urtica urens* L.) hubo una mayor remoción en porcentaje de Cromo (Cr) en un 81.56% y la reducción de Antimonio (Sb) en un 80.83%. Por lo que, se pudo evidenciar también el Cobre (Cu) en un 49.68%, Arsénico (As) en un 37.58% y Titanio (Ti) en un 24.93%; y además un porcentaje menor de remoción en Estroncio (Sr) en un 3.64%, por lo que se **concluyó** que la ortiga en su variedad *Urtica urens* L. no tiene la capacidad de fitorremediar Aluminio, Bario, Berilio, Cesio, Litio ni Vanadio por el contrario aumenta sus porcentajes significativamente.

2.2.3. Antecedentes locales

Carhuaricra (2019) en su Tesis titulada: “Fitorremediación mediante el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *limnobium laevigatum* y *eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle” - Universidad de Huánuco, tuvo por **objetivo** determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa,. Para la **metodología** tuvo un enfoque

cuantitativo en la que se diseñó un humedal artificial de flujo libre superficial a escala laboratorio, se incorporaron las dos especies macrófitas flotantes comúnmente conocido como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y el Trébol de agua (*Limnobiium laevigatum*), en la que se evaluó la fitorremediación por el proceso de fitodegradación en diferentes y se hizo las mediciones de 23.4 horas, 31.2 horas, 39 horas y 46.8 horas, de esta forma poder remover elementos tóxicos presentes en el agua de forma económica, ecológica y con un aporte al desarrollo sostenible. En el sistema ya mencionado se trabajó en el tratamiento de aguas residuales domésticas, para lo que se establecieron los siguientes parámetros: potencial de Hidrogeno (pH), Conductividad, Temperatura, Coliformes Termotolerantes, DBO, DBQ, Sólidos suspendidos Totales, Los **resultados** obtenidos en el mencionado tratamiento fueron: Para sólidos suspendidos totales post tratamiento una reducción: en 23.4 horas 132 mg/L, 31.2 horas 26 mg/L, 39 horas 31 mg/L y en 46.8 horas 68 mg/L. DBO post tratamiento tuvo una reducción: en 23.4 horas 99.8 mg/L, en 31.2 horas 42.5 mg/L, en 39 horas 34.7 mg/L y en 46.8 horas (36.5 mg/L). La DQO post tratamiento uvo una reducción: en 23.4 horas 271.1 mg/L, en 31.2 horas 156.8 mg/L, en 39 horas 128.4 mg/L y en 46.8 horas 166.9 mg/L. El pH post tratamiento tuvo un incremento: en 23.4 horas 6.2, en 31.2 horas 6.6, en 39 horas 6.7 y en 46.8 horas 7.5. La temperatura posterior al tratamiento tuvo un incremento: en 23.4 horas 21 °C, en 31.2 horas 24 °C, en 39 horas 27 °C y en 46.8 horas 24 °C. La conductividad tuvo una reducción posterior al tratamiento: en 23.4 horas 487 µS/cm, en 31.2 horas 414 µS/cm, en 39 horas 342 µS/cm y en 46.8 horas (315 µS/cm). Por otro lado, posterior al tratamiento los coliformes fecales o termotolerantes tuvieron una reducción: en 23.4 horas 1300000 NMP/100mL, en 31.2 horas 7900 NMP/100mL, en 39 horas 230 NMP/100mL y en 46.8 horas 790 NMP/100mL. Con lo que se **concluyó** que con este proceso existe una capacidad para la fitorremediación, ya que los parámetros evaluados están por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

Díaz (2018) en su Tesis titulada: “Evaluación de la calidad de suelo en un bosque reforestado con eucalipto en la zona de Pacán – Huánuco”, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, tuvo por **objetivo** evaluar la calidad de suelo en un bosque reforestado con eucalipto, la **metodología** que aplicó fue seleccionar plantaciones existentes de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) de las que se extrajeron 15 submuestras de suelo reforestado con eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y 15 submuestras en suelo sin reforestación, según el diseño para la toma de muestras. Con respecto a los **resultados** obtenidos del laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Agraria de La Molina, se pudo determinar; que el bosque reforestado al que se representó por muestra número 1 (M1), tuvo un pH 7.12, M.O. 5.63%, Nitrógeno (N) 0.25%, Fósforo (P) 3.3 ppm, Potasio (K) 62 ppm, por el análisis mecánico de suelo se determinó que se encuentra dentro de la clasificación de textura Franco Arenoso, entre tanto que el suelo sin cobertura vegetal, que fue representado por la muestra 2 (M2) tuvo: pH 8.24, M.O. 1.77 %, Nitrógeno (N) 0.07, Fósforo 2.2 ppm, Potasio (K) 156 ppm, por el análisis mecánico de suelo se encuentra dentro de una diferente clasificación al de la muestra 1, presentando una textura Franco Arcilloso. Llegando a la **conclusión** que la reforestación de las laderas de los cerros de Huánuco con el eucalipto alcanzaría una mejora del pH haciéndola más neutro, incrementando además el contenido de materia orgánica (M.O.) y consecuentemente el nitrógeno.

Tarazona (2018) en su Tesis titulada: “Evaluación del efecto de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y un bosque natural de aliso (*Alnus glutinosa*) sobre la calidad del suelo; en zona de Ragraj-San Buenaventura”, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Como **objetivo** tuvo evaluar el efecto de las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y un bosque natural de aliso (*Alnus glutinosa*) sobre la calidad del suelo, la **metodología** que se aplicó fue seleccionar ½ hectárea de plantaciones de eucalipto y aliso, tomando cuatro kg de suelo del bosque con eucalipto y cuatro kg de suelo del bosque de aliso, las muestras fueron en sus diversos parámetros fueron analizadas en un laboratorio especializado en suelos. Los **resultados** obtenidos fueron, los bosques

reforestados con eucalipto respecto a los parámetros físicos del suelo, no mejoran esta condición, es decir solo mantienen la misma clase textural de Franco Arenoso, ya que la calicata para el muestreo número 1 se tomó de plantaciones jóvenes y las calicatas 2 y 3 de las plantaciones adultas. Con respecto a las características químicas del suelo que son el pH, CIC y cationes cambiabiles (Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+}) no se tiene una evidencia estadística, esto porque las áreas reforestados con eucalipto no mejoraron estos componentes comparados al bosque natural de aliso, a excepción del catión Na^{+} en la que ocurre cierto evento contrario, con el que se prevé a futuro problemas de alto contenido de sodio del suelo del área reforestado con eucalipto, llegando a la **conclusión** que en los bosques naturales de *Alnus glutinosa* se tienen un comportamiento estadísticamente semejante con las áreas reforestadas con eucalipto, ya que presentan una misma clase textural (Franco Arenoso) en las calicatas realizadas para la evaluación.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Fitorremediación

Delgadillo-López et al. (2011) señalan que al conjunto de tecnologías con capacidad para reducir ciertos compuestos ya sea in situ o ex situ, realizada por acción microbiana o de las plantas, se llama fitorremediación.

Por su parte, Núñez et al. (2004) coincide con el concepto anterior al referir que la fitorremediación es hacer uso de las plantas capaces de limpiar o restaurar sitios contaminados, que pueden ser cuerpos de aguas, suelos y el aire. Esta serie de tecnología de las plantas como concepto se manifiesta desde el año 1991. Derivado de la palabra griegas, fito, ta, cuyo significado es planta o vegetal, y remediar del latín remediare, cuyo significado es aún más amplio que va desde poner remedio en un daño, corregir o enmendar algo. Es por eso que la fitorremediación más allá del concepto es remediar un daño con acción de las plantas o vegetales. Una definición más completa de la fitorremediación es una tecnología

sustentable que se basa en los procesos bioquímicos de las plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, cuerpos de agua y el aire, a esto sumando la asociación de los microorganismos en la raíz que estimulan a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos contaminantes tóxicos que están presentes.

Mentaberry (2011) agrega que utilizar plantas o el empleo de vegetación para tratar suelos, sedimentos o cuerpos de aguas contaminados, degradando, asimilando o al metabolizar metales pesados y otros compuestos, se llama fitorremediación. Además, que la fitorremediación está basada en aquellos procesos que suceden de manera natural en la que las plantas microorganismos que tienen actividad en la raíz son capaces de degradar y secuestrar los contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Desde el punto de vista de Jiménez (2017) La fitorremediación es una técnica de remediación in situ que utiliza la vegetación y el microbiota asociado, las enmiendas del suelo y las técnicas agronómicas para disminuir la contaminación del suelo. Se utilizan plantas acumuladoras de metales para eliminar metales pesados. Las tecnologías de fitorremediación potencialmente útiles para la remediación de suelos contaminados con metales pesados incluyen fitoextracción (fitoacumulación), fitoestabilización y fitofiltración.

Levitus et al. (2010) afirman que el uso de la asociación de los microorganismos y de las plantas con tales fines de descontaminar el medio ambiente es en lo que consiste la fitorremediación. Basado en el contexto, a estas plantas se les consideraría unos sistemas naturales que son capaces de extraer y dar un tratamiento a los contaminantes y tóxicos. Existe una gran diferencia a los métodos ya existentes que son tradicionales, y es que la fuente de energía para la fitorremediación en su total funcionamiento viene del Sol, además que los costos de mantener este sistema son en gran manera, y los impactos negativos son mínimos. En su gran mayoría las actividades antrópicas, como son la agricultura,

minería, la industria y las grandes intervenciones militares, han estado generando la contaminación de grandes áreas, que incluyen lugares con niveles elevados de tóxicos (por ejemplo, en un accidental derrame de hidrocarburo) o con algunos niveles que son difíciles de detectar. Después de exposiciones por periodos muy prolongados de, la salud humana y de los demás seres del ecosistema pueden pasar a ser perjudicados precisamente porque existe efectos acumulativos. En la actualidad existen procedimientos para dar tratamiento a sitios expuestos a contaminación que son de alto costo, por lo que muchas áreas son abandonadas a cambio de remediarlos.

2.3.2. Estrategias de fitorremediación

Las plantas tienen la capacidad de acumular metales pesados a lo largo de su tejido vegetal (raíz, tallo, hojas), es en esto que se basan algunos conceptos de la fitorremediación.

Fito-degradación o Fito-transformación:

Basado en el uso de plantas con capacidad de degradar y/o transformar sustancias tóxicas a menos tóxicas ya sean de contaminantes orgánicos como lo son los hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, plaguicidas organofosforados (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuestos organoclorados, explosivos y surfactantes (detergentes). A través de reacciones enzimáticas propias de las plantas y microorganismos en la rizosfera, es decir, la zona del suelo estrechamente asociada con el desenvolvimiento de raíces de las plantas, estos contaminantes pueden ser parcial o totalmente degradados y/o transformados.

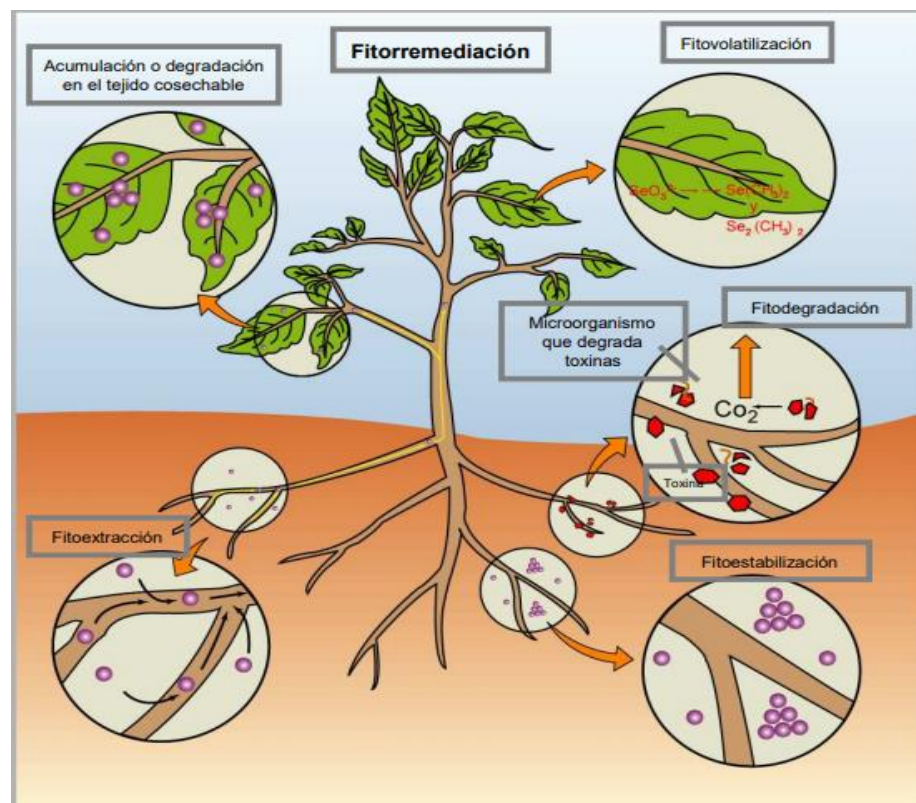
Fito-estimulación:

En este caso se basa en las resinas de las raíces de las plantas actúan estimulando el crecimiento de microorganismos de forma simbiótica, para dar capacidad de degradar contaminantes orgánicos. Las plantas en sus actividades naturales de

metabolismo tienden a liberar desde nutrientes, enzimas y oxígeno, además de azúcares simples, almidón, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, estos son transportados desde las hojas pasando por el tallo y la raíz, con la capacidad de favorecer el crecimiento de diversas comunidades microbiológicas en el suelo circundante; de manera particular algunos hongos y bacterias, ya que sus actividades de metabolismos son capaces de causar la mineralización de los contaminantes presentes en el suelo.

Figura 1

Los tipos de fitorremediación



Nota: los diversos tipos de fitorremediación usan la simbiosis con algunos microorganismos benéficos para ser más eficaces (Mentaberry, 2011).

Fito-volatilización:

Basado con la capacidad de volatilizar que tienen algunas plantas para ciertos contaminantes como el mercurio y el selenio presentes en el suelo, cuerpos de agua o algún sedimento. Estos contaminantes se absorben, metabolizan y se transportan

partiendo de la raíz a sus partes superiores (tallo y hoja) para ser liberados en forma volátil hacia la atmosfera, son tóxicas en menor proporción o en lo relativo menos peligrosas para el ambiente, en comparación a sus formas oxidadas. Esta transformación de ciertos compuestos sucede básicamente en la raíz, y la liberación de los mismo se lleva a cabo en el proceso de la evapotranspiración.

Fito-estabilización:

Esta estrategia se basa en utilizar las plantas que suelen desarrollar un mayor volumen en su sistema de raíces, lo cual sirve para hacer una reducción de la biodisponibilidad de algunos metales y otros contaminantes tóxicos en el ambiente, a través de ciertos sistemas son secuestrados, lignificados o humidificados. Estas raíces extensas controlan la actividad hidráulica del área contaminada, o dicho de otra forma succionan la humedad de los suelos actuando por el alto índice de participación en el ciclo del agua por evapotranspiración. Además, que por este proceso puede mantenerse la humedad requerida en el área perteneciente a la rizosfera, haciendo que sean optimas las condiciones para inmovilizar los metales u otros contaminantes. Esto ocurre a través de reacciones químicas como la precipitación o formación de complejos insolubles o por mecanismos físicos, como la adsorción. Sobre esta área, los metales son fijados con fuerza a las raíces de las plantas como también en la materia orgánica existente en los suelos, lo que los limita hacia su biodisponibilidad y su traslado o descenso hacia los subsuelos.

Fito-extracción o Fito-acumulación:

Se basa en explotar las capacidades de que tienen ciertas plantas para acumular los contaminantes en su tejido vegetal (raíces, tallos y follaje), estas pueden ser cosechadas con facilidad. Y estos contaminantes que fueron extraídos que básicamente llegan a ser metales pesados, pero pueden también ser capaces de extraer otro tipo de contaminante (orgánicos y elementos

isótopos radiactivos). Por lo general la fitoextracción como sistema se desarrollan para extraer metales de diversas actividades presentes en el suelo, estas plantas son conocidas como metalofitas, dicho de otra manera, que acumulan los metales; pero, también se pueden desarrollar en tratamiento de aguas residuales.

Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Agudelo et al., (2005) para tener una tecnología sostenible hacen ciertas recomendaciones, debe tener viabilidad económica y las actividades ser compatibles con el ambiente. Sabemos que la fitorremediación hace uso las capacidades naturales de las plantas y los sistemas en las que se apoyan remediar a los suelos, es mucho más económico que dar uso a los tradicionalmente métodos aplicados en la recuperación de suelos impactados por contaminantes.

Ventajas

- La absorción de metales en las plantas, posteriormente son extraídos del tejido vegetal cosechada con la capacidad de reciclaje.
- La aplicación de la fitorremediación tiene la capacidad de limpiar o remediar gran número de contaminantes, ya que existe una gran capacidad para el proceso de absorción de metales en sus raíces. También tiene la capacidad preventiva de ingreso de algunos contaminantes hacia el ambiente, con lo cual también una disminución de su salida a los diversos sistemas hidrológicos subterráneos, puesto que los contaminantes son atrapados por acción de las plantas.
- Para la fitorremediación se reduce el trabajo y no genera impactos negativos en los alrededores naturales del área contaminada
- Es una técnica ecológica y sustentable.
- En trabajos in situ puede tratar una variedad de elementos contaminantes con eficiencia.

- Se puede aplicar en ambientes contaminados de manera moderada.
- Su bajo costo hace también la no necesidad de personal con conocimientos especializados para dar un manejo adecuado.
- Su aplicación no perjudica al ambiente y genera impactos de menor proporción del lugar.
- No tiene producción de contaminantes secundarios por tal razón no se necesita lugares para desechos.
- Es más probable que sea aceptada en las comunidades que están a los alrededores de los sitios afectados, por tener una estética muy agradable.
- Se evitan hacer zanjas de excavaciones y se reduce el ajetreo pesado.
- Es muy consecuente dando tratamiento a un diverso número de compuestos peligrosos,
- Contribuye a reciclar diversos recursos (biomasa, metales agua, etc.).
- La fuente de energía proviene del Sol; y sus procesos son naturales desde biológico, químico y físico, que emanan por la estructura de planta para lograr la remediar por medio de la degradación rizosférica microbiana, la absorción, transformación, acumulación, extracción y reserva.
- A diferencia de la mayoría de otros organismos microbiológicos, las plantas tienen desarrolladas la capacidad de sostenerse a diferente concentración de contaminante orgánico.
- Es una tecnología que actúa en relación con la revegetación y la biodegradación.

Desventajas

- Los metales pesados o los contaminantes siguen el ciclo fisiológico de la planta por lo cual toma cierto periodo de tiempo.

- La eficacia de la fitorremediación se posibilita siempre en cuando los metales o contaminantes suelen estar dentro del rango de la extensión de raíces de las plantas, es decir con una profundidad de 3 a 6 pies con respecto a las plantas herbáceas y diez a quince pies para árboles.
- Se hace un riesgo cuando algunas especies vegetales absorben ciertos metales de característica venenosa, y esto puede afectar a la cadena alimentaria.
- De modo relativo la fitorremediación es lento, siempre en cuando las especies usadas tienen una vida muy prolongada, como los árboles y arbustos.
- Sí lo comparamos con tecnologías del mismo propósito, la fitorremediación se procesa en tiempos más prolongados
- Las plantas según su propósito requieren las estaciones para su desarrollo.
- La proporción de los tóxicos en el ambiente limitará el desarrollo de la vegetación.
- En algunos casos aquellos elementos que se acumulan en la parte superior de las plantas (hojas) pueden devolverse al ambiente en la estación otoñal.
- Algunos de los contaminantes pueden estar acumulados en maderas usadas para la combustión.
- No toda especie vegetal, tienen la capacidad de tolerar y/o acumular contaminantes.
- Los contaminantes con características solubles tienden a incrementar lo cual puede dar un resultado de daño ambiental o traslado hacia otros espacios.
- Los espacio requerido para la fitorremediación deben ser proporcionalmente grandes.
- Algunas especies vegetales estimulan la aparición de mosquitos más aun en los sistemas hídricos.
- La profundidad remediadora, se limita al tamaño de las raíces.

- La rizosfera demanda de oxígeno, del tipo textural del suelo, cantidad de agua, actividad microbiana, que en ausencia de estos no se desarrolla la fitorremediación.
- El suelo en la etapa temprana de la fitorremediación está expuesto a la erosión hídrica y eólica.
- Estas soluciones son con un proceso a largo plazo.

2.3.3. Calidad del suelo

Espejo (2016), describe que la calidad del suelo está ligada con la capacidad que tienen para brindar las diversas funciones ecosistémicas. Que tales funciones tienen su dependencia mayormente en el porcentaje de la materia orgánica dado que principalmente está compuesto por carbono orgánico. Dentro del equilibrio de los ecosistemas naturales, se considera la no variación de sus condiciones medioambientales, para que la proporción del carbono orgánico sea constante en el suelo; todo el tiempo la vegetación en su desarrollo se proporcionan de nutrientes necesarios y agua del suelo, además del dióxido de carbono atmosférico en la realización de la fotosíntesis y esto además contribuye en generar biomasa que se va incorporando de manera relativa con aceleración así formar humus con la intervención microbiana, en este ciclo biogeoquímico, el humus pasa a mineralizarse en diversas variaciones que oscilan entre el 0,5 a 5%, dependiendo a la acción microbiana en las plantas, además hacen emisiones de dióxido de carbono hacia la atmósfera, es decir liberan nutrientes del suelo para ser reaprovechados nuevamente por la vegetación. Si los ecosistemas presentan equilibrio normalmente se pueden generar con la descomposición de restos orgánicos sobre el suelo, una cantidad proporcional de humus mineralizada por la acción microbiana. Al existir un cambio de uso de los ecosistemas, a un ecosistema agrario, por ejemplo, es radical el cambio sobre este, con lo que inicia un período que empobrece de carbono orgánico del suelo con consecuencias descritas de la siguiente manera:

- Gran parte de importancia de la biomasa que se produce se extrae con las cosechas que terminan disminuyendo el aporte orgánico hacia el suelo, aun así, puede mantenerse la acción de mineralizar el humus.
- Airear el suelo con la labranza y el cultivo lo cual eleva la potencia para mineralizar el humus.
- El accionar de las herramientas agrícolas son capaces de romper la combinación de partículas primarias del suelo con lo que se expone la acción de los microbiológica del Carbono Orgánico protegido dentro de los mismos.
- El uso del suelo con trabajo agrícola realza erosionar los principales horizontes de superficie del suelo que contienen el mayor contenido de carbono orgánico.

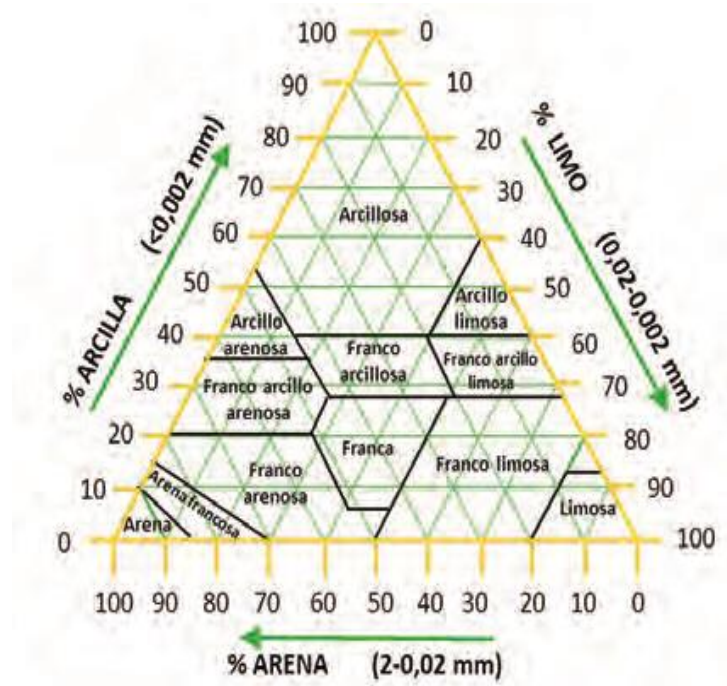
2.3.4. Suelo

Rusell, (2019), define al suelo como un organismo complejo con vida lleno de dinamismo que está dentro de la consideración como la capa albergadora de vida de la faz de la Tierra. En su composición están elementos como minerales y los orgánicos, además del agua y el aire. De manera muy general las partículas de la arena, los sedimentos y arcillas son los que componen los minerales, que se forman por diversos elementos químicos, entre tanto los organismos con vida (las plantas, las bacterias, los hongos, la fauna y sus residuos) son de donde salen los componentes orgánicos. La importancia de los suelos para la biodiversidad es que son depósitos de biota. Se calcula que es una tercera o una cuarta parte de los organismos por completo se desarrollan en el suelo. El suelo en su biodiversidad incluye todo tipo de organismos que son desde diminutas bacterias que son visibles aun en un microscopio, ácaros, lombrices, gusanos, nematodos, colémbolos, miriápodos, lombrices y topes. Estos grupos individualmente tienen una variedad de especies. Un ejemplo, es Alemania, donde hay un conocimiento de 50 muy distintas de miriápodos. Es más, la biodiversidad del suelo normalmente se le considera superior que la que hay en la superficie de

una misma área. Existe una cifra con la que se cita, por metro cubico del suelo en un bosque se pueden determinar hasta dos mil especies de invertebrados.

Figura 2

Textura del suelo según la proporción de arcilla, arena y limo



Nota: Por esta propiedad se pueden explicar diferentes comportamientos en la biodiversidad de los suelos. Sí las partículas son más, el tipo textural será arcilloso y cuan más grandes, el tipo textural será arenoso (EL Productor, 2020).

2.3.5. Propiedades físicas de un suelo

Ramírez (1997) manifiesta que las propiedades físicas del suelo tienen una responsabilidad mayor para un óptimo desarrollo de las plantas, sin embargo, son pocas las veces las que se consideran ya que por lo general se consideran solamente las propiedades químicas. La realidad es para que exista un medio óptimo para que las pantas se desarrollen, debe existir una interrelación muy dinámica entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las características físicas pueden ser: Básicamente aquellas que no son derivadas de otras y dentro de este grupo se encuentran el color, la consistencia, la temperatura la textura, la estructura, la densidad, etc.

Densidad aparente

Esta relación se realiza entre la masa y el volumen de suelo en cuyo volumen se considera todo espacio con porosidad que existe. En esta característica se ponen en conocimiento aquellas condiciones en las que se encuentra el estado de los suelos con respecto a su compactación, el oxígeno (O₂) la porosidad, y la disponibilidad hídrica, etc. Normalmente aquellos suelos de los llanos tienen una densidad aparente que va desde 01.2 a 1.95 g/cm³. Se sabe que un suelo comienza a tener problemas por compactación cuando los valores superan los 1.6 g/cm³.

Tabla 1

Relación de la densidad aparente entre la porosidad total

| Densidad Aparente, g/cc | Porosidad total % |
|-------------------------|-------------------|
| <01.0 | >63.0 |
| 01.0-01.2 | 55.0-62.0 |
| 01.2-01.4 | 47.0-54.0 |
| 01.4-01.6 | 40.0-46.0 |
| 01.6-01.8 | 32.0-39.0 |
| >01.8 | <31.0 |

Nota: los valores que oscilan entre <01.0 y 01.4 son de los suelos no compactados. Ramírez (1997).

Densidad real

Esta relación se da entre el volumen de las partículas del suelo y el volumen en la que no se consideran los espacios porosos. Cuando no se presentan materia orgánica en mayor cantidad la densidad real fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/cm³. Alcanzando su valor máximo en 2.65 g/cm³ en los suelos arcillosos o arenosos con baja materia orgánica. A diferencia de los suelos con gran porcentaje de hierro se alcanzaría valores que superan los 2.7 g/cm³, esto en suelos ferralíticos (según "propiedades físicas de

los suelos". IGAC). El estado poroso de los suelos se puede determinar según la siguiente expresión:

$$PT - (Dr - Da) / Dr \times 100$$

Donde:

- PT: La porosidad total que se expresa en porcentajes.
- Dr: La densidad real.
- Da: Densidad aparente

Además, es posible la reducción de los macroporos es decir los espacios donde se encuentra el oxígeno disponible y también los microporos en la que se encuentra contenido de agua que las plantas aprovechan:

$$\text{Microporos} = Da \times \text{porcentaje de HE}$$

$$\text{Macroporos} = PT - \text{Microporos}$$

Donde:

- HE es el contenido de humedad equivalente del suelo que se expresa en porcentajes.

Textura

La textura es la distribución en porcentajes de partículas del suelo. Tales partículas consideradas: el limo que oscila entre 0.02 - 0.002 mm; la arena que oscila entre 2 - 0.02 mm, y la arcilla entre 0.002. Según presenten esta característica existirá una influencia en la velocidad del agua para infiltrarse o cuan fácil es preparar el suelo para la agricultura o el trabajo de drenar.

Tabla 2

Generalización de valores para retener la humedad a 0.3 y 15 bar.

Según el tipo textural para diferentes suelos

| Tipo textural | Retención de Humedad | |
|-------------------------|----------------------|---------|
| | % | |
| | 0.3 bar | 0.5 bar |
| Arenoso | 5 a 15 | 2 a 10 |
| Franco arenoso | 12 a 32 | 5 a 18 |
| Franco | 18 a 40 | 10 a 30 |
| Franco arcilloso | 20 a 50 | 12 a 35 |
| Arcilloso | 25 a 75 | 15 a 45 |

Nota: la clase textural define el tipo de uso del suelo Ramírez (1997).

Estructura

Está definida por la forma de agregación de las partículas hacia el suelo. Esta es responsable de interrelacionar la aireación, humedad, infiltración, y temperatura de los suelos. Tiene la particular característica de estabilidad estructural, o dicho también pone la resistencia a los agregados que se ponen a los suelos.

Tabla 3

Interpretación por rangos a la estabilidad de la estructura en relación con la media del diámetro ponderado

| DPM (mm) | Interpretación |
|-----------|---------------------|
| < 0.5 | Inestable |
| 0.5 a 1.5 | Ligeramente Estable |
| 3.0 a 5.0 | Estable |
| >5.0 | Muy estable |

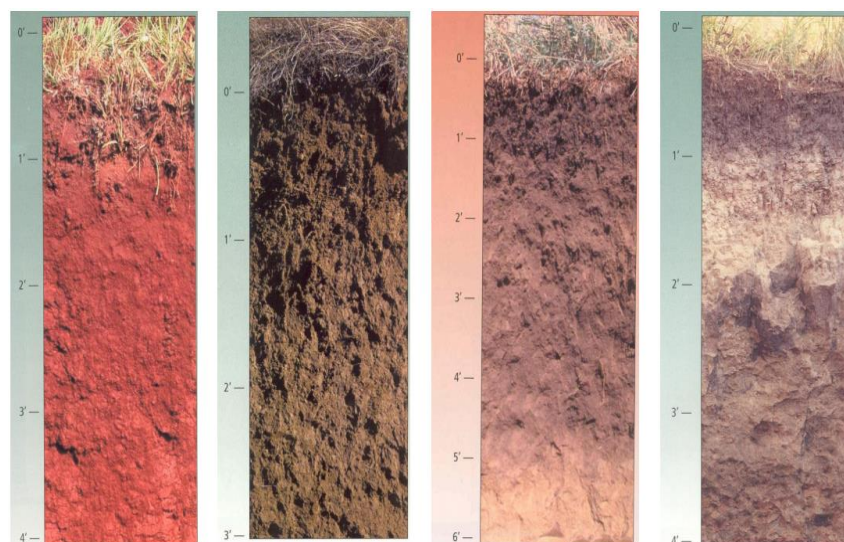
Fuente: Ramírez (1997).

Color

Esta característica guarda una estrecha relación con el comportamiento de los elementos, la temperatura, y la movilidad del agua sobre el suelo, el porcentaje de la materia orgánica (M.O), además de la presencia organismos vivos, la formación de los suelos, etc. Es simple deducir los fenómenos y procesos que han ocurrido sobre el suelo en el paso del tiempo y actualmente. A continuación, se dan diferentes descripciones de los colores para poder interpretar demás propiedades físicas del suelo.

Figura 3

El color del suelo



Nota: los colores también pueden ser señales de presencia de diferentes elementos o minerales en el suelo (EL Productor, 2020).

Determinación del color del suelo

Moreno et al. (2010) precisan que, para determinar el color del suelo, se hace la comparación con los diferentes colores establecidos como patrones en la tabla Munsell. Las tablas Munsell como está basado en diversos parámetros sistema de notación la que permiten obtener una variedad de colores que cambian en función del matiz, brillo y croma. Cada color expresa diferente característica del suelo.

Colores y Propiedades del suelo

Matiz

En la radiación reflejada de longitud de onda representará a un color espectral.

Croma o pureza

Es la expresión pura relativamente del color del matiz de que se trate. La pureza cero corresponde al color gris, de este modo sí la pureza es anulada entonces el matiz carecería de importancia porque no existiría. Para ese caso se usa la letra N (neutro) y no se le asigna ningún valor a la pureza.

Intensidad o brillo

Aquí se da expresión a la proporción de la luz que es reflejada y representa la amplitud de la radiación con la medición del grado de oscuridad o claridad. Para un matiz neutro (N), la pureza cero (0) esto representa al color negro y la diez (10) representa al color blanco.

Oscuro o negro.

En este color sobresale la presencia de materia orgánica, a con lo cual a mayor materia orgánica el color oscuro será mayor. Es una característica principal de horizontes A del suelo.

Claro o blanquecino.

Este color es por la presencia de carbonatos de calcio y el magnesio o yeso, como también pueden ser sales solubles. En los horizontes por acción de flujo de agua que desciende (E) este color es meramente consecuencia del lavado de arenas de cuarzo.

Pardo amarillo

Este color es propio de presencia de óxidos de hierro con hidratación, $\text{FeO}(\text{OH})$ (goethita), que se unieron a la arcilla y también sobre la materia orgánica.

Color rojizo.

Es característico de la arcilla, normalmente presente en los horizontes más profundos del suelo (Bw) o (Bt). Esto debidos a que se liberan los óxidos férricos que pueden provenir de la hematita (Fe_2O_3). Lo cual favorece en climas calientes y de estaciones que prolongan la sequía, como por ejemplo el mediterráneo. Este color indica también la existencia de un buen drenaje de los suelos, permitiendo la existencia de las condiciones oxidantes.

Grisés y veteados

Característico del suelo que permanentemente es mojado por las aguas freáticas, cuyas condiciones alternan de oxidación y reducción. Estos son muchos colores, pueden presentarse agrupados de manchas de colores rojizos, amarillentos y grises. Esta propiedad aparece en suelos que suelen estar empapados durante un período de tiempo.

Gris y/o verde azulado

Este color es característico del suelo que sufren que suele estar permanentemente saturado de agua, por lo que existe un déficit de oxígeno.

Tabla 4

Rango de interpretación de la humedad equivalente

| Existencia de humedad | Interpretación |
|------------------------------|-----------------------|
| <5 | Muy baja |
| 5 a 15 | Baja |
| 15 a 25 | Media |
| 25 a 35 | Alta |
| >35 | Muy alta |

Fuente: Ramírez (1997)

Tabla 5

Ordenamiento por clases de velocidad de infiltración

| Infiltración cm/h | Interpretación |
|--------------------------|-----------------------|
| <0.1 | demasiado lenta |
| 0.1 a 0.5 | Lenta |
| 0.5 a 2.0 | Moderadamente lenta |
| 2.0 a 6.3 | Moderada |
| 6.3 a 12.7 | Moderadamente rápida |
| 12.7a 25.4 | Rápida |
| >25.4 | demasiado rápida |

Fuente: Ramírez, (1997)

2.3.6. Propiedades químicas del suelo

Guillermo & Francisco, (2011) mencionan que tanto la materia orgánica y las arcillas son las determinantes de las propiedades químicas de los suelos, ya que estas son las principales fuentes que aportan nutrientes. La reposición de los minerales en los suelos depende de la materia orgánica y de las arcillas, de estos dos la materia orgánica es posible para su recuperación, a diferencia de la arcilla que requiere atravesar el proceso de meteorización física y química de las grandes proporciones de rocas.

PH

El pH es el indicador de grado de acidez o alcalinidad de la solución de suelo, sin embargo, no la acidez total de suelo. El pH tiene influye de gran manera en el desarrollo de la flora y fauna del suelo, además tiene la influencia sobre la velocidad y calidad de los procesos como son la mineralización y humificación, como también en la situación de ciertos nutrientes. En el suelo los hidrogeniones pueden encontrarse en la solución, así como también en el complejo de cambio, lo que dan origen a los 2 tipos de acidez que son reconocidas; la activa o real que se da en solución y la acidez

de cambio o de reserva que son para los adsorbidos. Ambos tipos se mantienen en equilibrio dinámico. Sí sucediera la eliminación de H^+ de la solución serán liberados otros tantos H^+ que fueron adsorbidos. A consecuencia de esto el suelo es capaz de mostrar muy fuerte resistencia a las modificaciones en su pH, está fuertemente protegido.

Tabla 6

La clasificación de la acidez en solución de suelo.

| pH de la solución de suelo | Categoría |
|----------------------------|------------------------------|
| Menores a 4 | Suelos extremadamente ácidos |
| 4.5 a 5.0 | Suelo muy fuertemente ácido |
| 5.1 a 5.5 | Suelo fuertemente ácido |
| 5.6 a 6.0 | Suelo medianamente ácido |
| 6.1 a 6.5 | Suelo ligeramente ácido |
| 6.6 a 7.3 | Suelo neutro |
| 7.4 a 7.8 | Suelo medianamente básico |
| 7.9 a 8.4 | Suelo moderadamente básico |
| 8.5 a 9.0 | Suelo fuertemente básico |
| Mayores a 9.1 | Suelo muy fuertemente básico |

Nota: los suelos fuertemente básicos en adelante pueden indicar alcalinidad.
Guillermo & Francisco, (2011)

Cambio iónico

El cambio iónico está definido por ser procesos que se pueden revertir, esto sucede cuando las partículas sólidas del suelo son capaces de absorber iones de la fase acuosa en la que liberan en el mismo tiempo otros iones en cantidades proporcionales, con lo cual se establece el equilibrio con ambas fases. Los sucesos que ocasionan este intercambio iónico son la pérdida de equilibrio eléctrico de las partículas del suelo. Para poder lograr una neutralización las cargas absorben iones, que posteriormente se

adhieren en la superficie de las partículas. Están retenidos con debilidad sobre las partículas del suelo y se pueden realizar cambios con la solución del suelo. La Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC) es muy importante además de ser la más conocida. En el sistema del suelo existen varios materiales con capacidad para intercambiar cationes. Los más importantes agentes de cambio son las arcillas y la materia orgánica (M.O). Las medidas por la que la capacidad de cambio de cationes de las arcillas se da:

- Han sufrido una sustitución atómica dentro de la red.
- Presencia de bordes (superficies con cambios bruscos).
- Disociación de los hidróxidos de la capa basal.

Con respecto a los factores dan viabilidad a que un suelo tenga una determinada capacidad de intercambio catiónico son varios.

- Proporción de las partículas: cuanto más pequeño sea la partícula del material, la capacidad de intercambio será mayor.
- Formación de las partículas:

Tabla 7

Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico según el material.

| Tipo de material | CIC, meq/100g |
|-------------------------|----------------------|
| Cuarzo y feldespatos | 1-2 |
| Óxidos e hidróxidos. | Fe y Al 4 |
| Caolinita | C 3 a 15 |
| Ilita y clorita | 10 a 40 |
| Montmorillonita | 80 a150 |
| Vermiculita | 100 a 160 |
| M.O | 300 a 500 |

Fuente: Guillermo & Francisco, (2011)

Influirá sobre capacidad de intercambio catiónico como se encuentra compuesta y la estructura que presentan las partículas, esta capacidad de Intercambio puede tener variaciones, sobre los minerales o los compuestos de los suelos.

En la tabla que se muestra a continuación se señalan los principales materiales y sus valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC). Como vemos la naturaleza del cambiador confiere mayor a menor capacidad de cambio. Cada 1% de arcilla puede repercutir en medio miliequivalente en la capacidad de cambio de cationes del suelo. Si en vez de arcilla nos referimos a la materia orgánica, cada 1% puede repercutir en 2 miliequivalentes más (miliequivalente / 100gr = cmol (+) Kg-1).

2.3.7. Propiedades biológicas del suelo

Guillermo & Francisco, (2011), consideran que la sola existencia y desarrollo de organismos en el suelo es un indicador sin duda de la calidad que posee mencionado ecosistema. La mayoría de las veces es suficiente con visualizar la presencia de organismos vivos para comprender cómo es el estado del suelo y que tipo de actividad podemos desenvolver sobre ella. Qué condiciones le han suscitado o simplemente saber que problemas podemos estar enfrentando al establecer un cultivo en específico. En el suelo se desarrollan la gran mayoría de los que componen al reino animal, en los que predominan los invertebrados. Las actividades principales de los organismos vivos que se desarrollan en los suelos es intrínsecamente el enriquecimiento del mismo por medio de la transformación y degradación de la materia orgánica, la modificación de algunas características físicas (la porosidad, aireación, drenaje, etc.).

A partir del punto de vista de Ramírez (1997) las propiedades biológicas de los suelo o la biología de los suelos, es una ciencia que se encarga de estudiar los organismos que de diversas formas interactúan sobre el suelo, haciendo modificaciones sobre composición, su estructura

y su funcionamiento. Los organismos microbiológicos del suelo pueden clasificar por su tamaño:

Macrofauna

Se consideran a microrganismo superiores a 1 cm de diámetro. Estos son observables s simple vista, y son capaces de realizar cambios físicos sobre el suelo, en algunas ocasiones también cambios químicos. Dentro de este grupo se consideran algunos vertebrados, y su relación directamente con el ecosistema suelo y que son de vida silvestre. También están los invertebrados, considerando a los moluscos como el caracol y las babosas, anélidos como la lombriz californiana de tierra, onicóforos como la oruga, artrópodos como los crustáceos, insectos y miriápodos.

Meso-fauna

Se consideran a aquellos que tienen diámetros de entre 200 micras y 1 cm, estos son los encargados de la producción de diversos cambios químicos y físicos de los suelos, en esta clasificación tienen una mayor importancia los nematodos.

Microfauna

Estos organismos tienen la responsabilidad en las transformaciones químicas que corresponden a 2 procesos importantes sobre la materia orgánica (humificación y mineralización). Se consideran entre un diámetro de veinte y doscientas micras. Y tienen una mayor importancia los protistas. Las bacterias son organismos microscópicos con mayor proliferación sobre el suelo y las tareas más importantes que tienen es la transformación química diferentes compuestos a formas de fácil asimilación por las plantas. La mayor parte de estos organismos son heterótrofas y saprofitas por descomponer compuestos y algunas son autotróficas ya que son capaces de fabricar su propio alimento.

Microflora

Está compuesta por un par de grupos de microorganismos: las bacterias y los hongos, las que se relacionan como una característica de cada ecosistema; los suelos agrícolas y pastoriles generalmente tienen abundancia de bacterias, mientras que los suelos que fueron forestados tienen una alta población de hongos.

Tabla 8

Actividades de la microflora y fauna en el suelo por procesos de descomposición y en la estructural

| CLASIFICCIÓN | CICLO DE NUTRIENTES | ESTRUCTURA DE SUELO |
|--|--|--|
| Microflora: Bacterias Hongos | - Catabolizan la MO - Mineralizan e inmovilizan nutrientes | Producción de compuesto orgánicos unen partículas y agregados. |
| Microfauna: Nematodos Protozoarios Ácaros (pequeños) | - Regulan poblaciones bacterianas - reciclan de nutrientes | Pueden afectar la estructura de los agregados mediante sus interacciones con la microflora. |
| Mesofauna: Ácaros Artrópodos (pequeños) Enquitrados (lombrices pequeñas) | - Regulan población de hongos y microfauna - Intervienen en el reciclado de nutrientes - Fragmentan restos vegetales | -Producen pelotas fecales -Crean bioporos -Promueven la humificación. |
| Macrofauna: Lombrices Diplopodos Quilopoda Moluscos Insectos | - Fragmentan restos vegetales - Estimulan la actividad microbiana | -Mezclan partículas orgánicas y minerales -Redistribuyen la materia orgánica y los microorganismos -Crean bioporos -Promueven la humificación |

Nota: la buena actividad biológica en el suelo define su calidad (Zerbino & Altier, 2020).

2.4. Definiciones conceptuales

Suelo

Es la capa superior que comprende desde la superficie terrestre hasta los niveles que están en profundidad de tierra, ahí las raíces extraen alimentos y agua para ayudar en el desarrollo de las plantas. Los minerales desprendidos de la Roca madre, se mezclan con los materiales orgánicos (restos de animales y plantas), el agua, oxígeno y organismo vivos para formar el suelo (Moreno et al., 2010).

Resiliencia del suelo

El suelo puede estar sometido a presión, y la tolerancia a estos es la que se define como resiliencia del suelo. Se puede decir también que es toda alteración que el suelo puede sufrir y resistir naturalmente, es decir la gran capacidad del suelo para pasar por fuerzas de actividades del hombre y presiones externas que la modifican, y sin embargo poder restituirse (Banegas, 2014).

Fitorremediación

Capacidad natural que tienen las plantas y fitoplancton para remover contaminantes presentes en el ecosistema, la que está comprendido dentro de la biorremediación o biotecnología. Puede definirse también como tecnología natural para restaurar áreas degradadas, contaminadas por las actividades humanas. La fitorremediación favorece al equilibrio ecológico (Núñez et al., 2004) .

Biorremediación

La biorremediación es un conjunto de tecnologías naturales para limpiar, restaurar y recuperar suelos que sufrieron impactos en sus propiedades, de forma práctica puesto que se usan a los mismos organismos y microorganismos presentes en el suelo y el subsuelo como aliados (Iturbe, 2010).

Ortiga

De género *Urtica*, planta vivaz con rizoma amarillo muy ramificado. Tiene numerosos tallos de entre 80 a 1.50 cm de altura, siempre mantienen hojas cubiertos de pelos urticantes, opuestas, pecioladas, puntiagudas, redondeadas en la base, urticantes por las dos caras que producen irritación con sensación de picazón. Las flores son unisexuales, de color verde, agrupadas, situadas en los vástagos de las hojas más altas del tallo (Romoleroux et al., 2019).

Botaderos

Disposición final sin tratamiento alguno de residuos sólidos, con característica orgánicas e inorgánicas, pudiendo estos afectar a la salud humana y generando impactos al medio ambiente.

Parámetro

Sustancia o elemento químico del suelo que define su calidad y puede encontrarse regulado en normas y reglamentos de estándares de calidad ambiental, nacionales e internacionales (MINAM, 2013).

Remediación

Tareas o estrategias que se desarrollan en un área contaminada objetivo de eliminar o reducir contaminantes, para dar garantía a la salud humana y la sostenibilidad de los ecosistemas (MINAM, 2013).

Sitio contaminado

Suelos que presentan características físicas, químicas y microbiológicas que se fueron alteradas de manera negativa por la presencia de sustancias tóxicas contaminantes provenientes de las actividades antropogénicas, su concentración puede representar un riesgo a la salud humana o el ambiente (MINAM, 2013).

Plan de Descontaminación de Suelos

Es un instrumento de gestión ambiental cuya finalidad es de remediar los impactos ambientales sobre el suelo que tienen origen en

actividades que se desarrollaron y se siguen desarrollando sobre este. Pueden utilizarse acciones solas o en combinación para que la recuperación del suelo sea eficiente (MINAM, 2013).

Muestreo

Actividad para la toma de muestras representativas que permitirán caracterizar el suelo para un estudio, a partir de esto la muestra se define como una parte representativa que presentará las características y/o propiedades iguales de la población es estudio y se eligen las muestras serán analizadas en el laboratorio. (MINAM, 2013).

Ex situ

Técnica para analizar suelos contaminados, para lograr determinar la cantidad de contaminantes que presenta en sus características, se necesita excavar o remover el suelo antes de su tratamiento. Las muestras pueden ser estudiadas fuera de su lugar de origen (Guillermo & Francisco, 2011).

Lixiviación

Proceso en la que el líquido recorre a través de los residuos sólidos y traslada lo que está en descomposición. La precipitación es el principal generador de lixiviados en los rellenos sanitarios y en los botaderos siempre en cuando sean a cielo abierto. También contribuyen los otros componentes del clima como la humedad al entrar en contacto con los residuos sólidos (DIGESA, 2004) .

ECA

Media creada para establecer niveles de concentración de algunos elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el suelo como cuerpo receptor, esto no debe representar riesgo significativo para la salud humana ni al ambiente. S puede referir según su concentración en niveles o rangos de mínimo y máximo. (MINAM, 2013).

ERSA

Herramienta muy útil en la gestión de sitios contaminados, siempre en cuando se den a conocer que la contaminación pasa a ser un riesgo a la salud humana e impactar de manera negativa al ambiente. “Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados”. (MINAM, 2015).

Relleno Sanitario

Infraestructura diseñada para disponer los residuos sólidos de manera segura y sanitaria para el medio ambiente. Los métodos de ingeniería son la base para dar una buena ubicación ya sea en la superficie o por debajo (OEFA, 2014).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

La fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens L.*) y (*Urtica dioica L.*) tienen efecto en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

2.5.2. Hipótesis secundarias

Las propiedades físicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (*Urtica urens L.*) y (*Urtica dioica L.*) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

Los metales pesados reducen significativamente del suelo después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens L.*) y (*Urtica dioica L.*)

Las propiedades químicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (*Urtica urens L.*) y (*Urtica dioica L.*) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

Las propiedades biológicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

2.6. Variables

2.6.1. Variable independiente

Fitorremediación

2.6.2. Variable dependiente

Calidad del suelo

2.7. Operacionalización de variables

Título: “Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco – 2021”

Tesista: Bach. Paredes Tello, Erick Elías.

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicador | Tipo de variable |
|---|---|--|--|--|-------------------|
| Variable independiente Fitorremediación | Capacidad natural que tienen las plantas y fitoplancton para remover contaminantes presentes en el ecosistema. | Proceso realizado al suelo contaminado por residuos sólidos, para reducir sus contaminantes | <i>(Urtica urens</i> L.) <i>(Urtica dioica</i> L.) | Cantidad de hojas Grosor del tallo | Numérica discreta |
| Variable dependiente Calidad del suelo | Condición del suelo en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o con cualquier necesidad o propósito humano. | Para las mediciones se usó la espectrofotometría, en las muestras del suelo, antes y después de la intervención mediante la fitorremediación | Propiedades Físicas Propiedades Químicas Propiedades Biológicas Metales pesados | textura pH, CIC Bacterias Hongos Plomo, cadmio Zinc | Numérica continua |

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio sigue la siguiente taxonomía: es Experimental, según la intervención del investigador; es Prospectivo, según el control de las mediciones; es Longitudinal, según el número de mediciones en la variable de estudio y es Analítico, según el número de variables analíticas (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. Enfoque

Se tuvo en cuenta un enfoque cuantitativo, debido a que se usó la estadística como herramienta en recolección, organización, procesamiento y análisis de los datos.

3.1.2. Alcance o nivel

El presente estudio corresponde al nivel explicativo, ya que se evaluó el efecto de una variable sobre la otra, es decir, evaluando la causalidad.

3.1.3. Diseño

El diseño que sigue el estudio es: Experimental, Prospectivo, Longitudinal y Analítico. Se resume el diseño en la imagen siguiente:

$$\mathbf{GE_1: O_1 — X_1 — O_2}$$

$$\mathbf{GE_2: O_1 — X_2 — O_2}$$

Donde: **GE₁**: grupo operacional con la variedad de ortiga menor.

GE₂: grupo operacional con la variedad de ortiga mayor.

O₁: Observación inicial

O₂: Observación final

X₁: Variedad de ortiga menor

X₂: Variedad de ortiga mayor

3.2. Población y muestra

Se considera como población de estudio al suelo usado como botadero a cielo abierto. Se estima un área de 1000 m² de suelo con la característica antes mencionada en el botadero de Marabamba ubicado, en el distrito, provincia y departamento de Huánuco. El estudio realizado se llevó a cabo en el periodo que comprendieron los meses de junio y agosto del año 2021.

Tabla 9

Coordenadas de ubicación de población de estudio

| Botadero de Marabamba | |
|------------------------------|----------------|
| Zona | 18 L |
| Coordenadas Este: | 362020.52 m E |
| Coordenadas Norte. | 8899871.46 m S |

La muestra de estudio la constituye 50 kg, la que fue repartida en 8 maceteros, 4 de los cuales corresponderá para el estudio del efecto de la ortiga menor (*Urtica urens L.*) sobre la calidad del suelo, y los otros 4 están destinados para estudiar el efecto de la ortiga mayor (*Urtica dioica L.*) Sobre la calidad del suelo.

3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.3.1. Para la recolección de datos

Se usó la Guía de muestreo de suelos Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM y el D. S. N° 002-2013-MINAM.

Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)

Basados en el tipo de investigación planteada y el objetivo de la investigación, los efectos existentes de la fitorremediación sobre el suelo usado como botadero, son demostrables con la estadística,

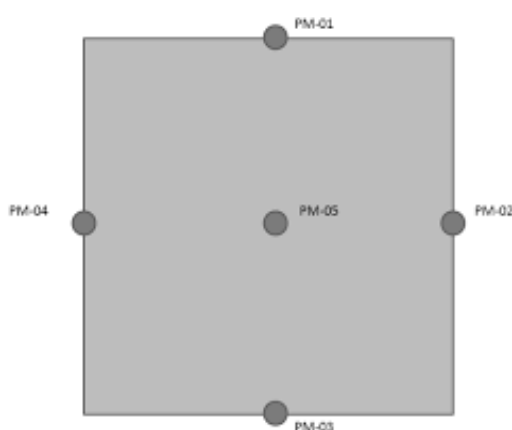
para comprobar si son menores o iguales a los valores establecidos en el ECA Suelo o los niveles de remediación específicos establecidos en base al Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA), según su guía correspondiente.

Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1 000 m²

Se recolectaron muestras de un área contaminada con una forma regular de un cuadrado, realizando 4 puntos (1 por cada lado del cuadrado) y una en el punto centro del área, que en total ocupan 5 puntos y 5 muestras

Figura 4

Localización de puntos de muestreo en el área de excavación regular: forma de cuadrado



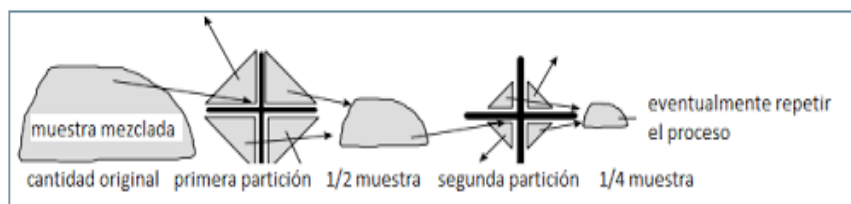
Nota: (MINAM, 2013).

Para muestras superficiales

La calicata tuvo una profundidad de 30 cm, de tipo manual. Se usó este sistema por ser relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, y para obtener las muestras compuestas se realizaron varios sondeos. Se usó la técnica de cuarteo para las muestras compuestas.

Figura 5

Técnica del cuarteo para recolección de muestras



Nota: MINAM (2013).

Manejo de las muestras

Desde la toma de las muestras hasta la entrega al laboratorio pasa por ciertas consideraciones, para mantener sus características es necesario cumplir con protocolos establecido por el laboratorio.

Materiales para guardar y transportar muestras

- Los recipientes en las que se trasladaron las muestras fueron bolsas de polietileno, resistentes a rupturas y con un cierre que evitaron reacciones químicas o la pérdida por evaporación.
- No se usaron agentes o preservantes químicos, se mantuvieron dentro de un cooler con una temperatura de 6°C
- El volumen del contenedor fue de 1 kg, con el fin de minimizar los espacios vacíos.

Etiquetado

- Se colocó la etiqueta en la parte frontal de la muestra de manera visible con un tamaño no mayor al recipiente, se adhirió con una cinta para evitar su pérdida.
- La etiqueta de cada muestra contó con la información necesario, código de identificación, lugar y fecha, nombre del proyecto.
- Para la impresión de datos sobre la etiqueta, se usó tinta indeleble inmediatamente tomada la muestra.

Ficha de muestreo

Documento que recoge información levantada en campo, que incluye la técnica de muestreo, las condiciones del punto de muestreo y una descripción de las muestras tomadas.

Cadena de custodia

El contenido de la documentación de la cadena

- El número de la hoja de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado. El nombre del proyecto y responsable del muestreo.
- Las coordenadas de identificación del lugar de muestreo (coordenadas UTM).
- La fecha y hora del muestreo.
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- Los análisis requeridos y el número de envases y sus observaciones.
- Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.
- La cadena de custodia en original y dos copias debe acompañar a las muestras desde su obtención, durante su traslado y hasta el ingreso al laboratorio.
- El laboratorio debe incluir una copia de esta cadena con los resultados del análisis, la copia debe estar firmada por todos los participantes en el proceso de muestreo y por la persona del laboratorio que recibe las muestras para su análisis.

Condiciones de seguridad de las muestras

- Las muestras no tuvieron un pretratamiento in situ, ni se adicionaron reactivos o algún preservante.
- Se embalaron las muestras y se inmovilizaron para asegurar su condición en el traslado evitando deterioros.

- El contenedor de las muestras fue Tecnopor (cooler) que mantiene la temperatura y en mejor condición su almacenamiento en el transporte.
- El traslado de las muestras se realizó dentro de las 24 horas recomendadas como plazo máximo.
- Se manipuló las muestras con guantes, agua destilada, entes de seguridad mascarillas y guardapolvos, para no alterar las características de estas.
- Ninguna muestra fue descartada de los análisis porque no sufrieron rupturas en los sellos ni en los envases

3.3.2. Para la presentación de datos

Se tiene contemplado el empleo de tablas y gráficos resultantes del análisis estadístico, considerando la narrativa de la redacción científica para la interpretación de los resultados, los mismos que serán útiles para la discusión y conclusiones del estudio.

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento y análisis de la información se contempló el uso del software estadístico IBM SPSS, versión 24, que fue de utilidad para el análisis de datos mediante medidas de resumen, tales como: medidas de tendencia central y medidas de dispersión. Asimismo, se contempló el empleo de procedimientos estadísticos para la contrastación de la hipótesis, ya que esa es la intención analítica del presente estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos

Tabla 10

Propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga

| | | | 95% del intervalo de confianza para la media | | |
|---------------|-----------------|---------------|--|-----------------|-----------------|
| Medición | Grupo | Media | Error estándar | Límite inferior | Límite superior |
| CIC - inicial | Urtica urens L | 14,9700 | 0,00000 | 14,9700 | 14,9700 |
| | Urtica dioica L | 14,5000 | 0,00000 | 14,5000 | 14,5000 |
| CIC - final | Urtica urens L | 17,4425 | 0,57878 | 15,6006 | 19,2844 |
| | Urtica dioica L | 19,4450 | 0,66119 | 17,3408 | 21,5492 |
| Diferencia | Urtica urens L | 2,4725 | 0,57878 | 0,6306 | 4,3144 |
| | Urtica dioica L | 4,9450 | 0,66119 | 2,8408 | 7,0492 |

Nota. Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la fitorremediación.

La tabla nos muestra que el grupo de estudio que corresponde a la *Urtica dioica L.* ha ocasionado una diferencia mayor que la que ocasionó el grupo que corresponde a la *Urtica urens L.* Esta diferencia es positiva, lo que indica que hubo un incremento de la CIC en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto luego de la intervención fitorremediadora.

Tabla 11

Propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga

| Medición | Grupo | Media | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | |
|----------|-----------------|----------------|----------------|--|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| pHi | Urtica urens L | 7,3900 | 0,00000 | 7,3900 | 7,3900 |
| | Urtica dioica L | 7,3800 | 0,00000 | 7,3800 | 7,3800 |
| pHf | Urtica urens L | 7,8575 | 0,01031 | 7,8247 | 7,8903 |
| | Urtica dioica L | 7,8150 | 0,02102 | 7,7481 | 7,8819 |
| pH_d | Urtica urens L | 0,4675 | 0,01031 | 0,4347 | 0,5003 |
| | Urtica dioica L | 0,4350 | 0,02102 | 0,3681 | 0,5019 |
| MOi | Urtica urens L | 2,3900 | 0,00000 | 2,3900 | 2,3900 |
| | Urtica dioica L | 2,1700 | 0,00000 | 2,1700 | 2,1700 |
| MOf | Urtica urens L | 2,7775 | 0,32587 | 1,7404 | 3,8146 |
| | Urtica dioica L | 2,4750 | 0,24510 | 1,6950 | 3,2550 |
| MO_d | Urtica urens L | 0,3875 | 0,32587 | -0,6496 | 1,4246 |
| | Urtica dioica L | 0,3050 | 0,24510 | -0,4750 | 1,0850 |
| Ni | Urtica urens L | 0,1200 | 0,00000 | 0,1200 | 0,1200 |
| | Urtica dioica L | 0,1100 | 0,00000 | 0,1100 | 0,1100 |
| Nf | Urtica urens L | 0,1375 | 0,01652 | 0,0849 | 0,1901 |
| | Urtica dioica L | 0,1225 | 0,01250 | 0,0827 | 0,1623 |
| N_d | Urtica urens L | 0,0175 | 0,01652 | -0,0351 | 0,0701 |
| | Urtica dioica L | 0,0125 | 0,01250 | -0,0273 | 0,0523 |
| Pi | Urtica urens L | 64,0000 | 0,00000 | 64,0000 | 64,0000 |
| | Urtica dioica L | 64,0000 | 0,00000 | 64,0000 | 64,0000 |
| Pf | Urtica urens L | 75,7500 | 9,01272 | 47,0675 | 104,4325 |
| | Urtica dioica L | 70,0000 | 9,70395 | 39,1177 | 100,8823 |
| P_d | Urtica urens L | 11,7500 | 9,01272 | -16,9325 | 40,4325 |
| | Urtica dioica L | 6,0000 | 9,70395 | -24,8823 | 36,8823 |
| Ki | Urtica urens L | 848,0000 | 0,00000 | 848,0000 | 848,0000 |
| | Urtica dioica L | 843,0000 | 0,00000 | 843,0000 | 843,0000 |
| Kf | Urtica urens L | 888,2500 | 25,88557 | 805,8706 | 970,6294 |
| | Urtica dioica L | 838,0000 | 14,93876 | 790,4582 | 885,5418 |
| K_d | Urtica urens L | 40,2500 | 25,88557 | -42,1294 | 122,6294 |
| | Urtica dioica L | -5,0000 | 14,93876 | -52,5418 | 42,5418 |

Nota. Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la fitorremediación.

La tabla 11 nos muestra que, para cada uno de los parámetros químicos, la *Urtica urens L.* ha logrado una mayor modificación en su valor final, ello se

aprecia al revisar las diferencias que presenta con respecto a la *Urtica dioica* L.

Tabla 12

Metales pesados en el suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga

| Medición | Grupo | Media | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | |
|----------|-----------------|------------------|----------------|--|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cdi | Urtica urens L | 2,4200 | 0,00000 | 2,4200 | 2,4200 |
| | Urtica dioica L | 2,0100 | 0,00000 | 2,0100 | 2,0100 |
| Cdf | Urtica urens L | 0,6400 | 0,02160 | 0,5713 | 0,7087 |
| | Urtica dioica L | 0,5750 | 0,02872 | 0,4836 | 0,6664 |
| Cd_d | Urtica urens L | -1,7800 | 0,02160 | -1,8487 | -1,7113 |
| | Urtica dioica L | -1,4350 | 0,02872 | -1,5264 | -1,3436 |
| Pbi | Urtica urens L | 204,0000 | 0,00000 | 204,0000 | 204,0000 |
| | Urtica dioica L | 256,0000 | 0,00000 | 256,0000 | 256,0000 |
| Pbf | Urtica urens L | 137,5000 | 4,17333 | 124,2186 | 150,7814 |
| | Urtica dioica L | 149,5000 | 17,85824 | 92,6671 | 206,3329 |
| Pb_d | Urtica urens L | -66,5000 | 4,17333 | -79,7814 | -53,2186 |
| | Urtica dioica L | -106,5000 | 17,85824 | -163,3329 | -49,6671 |
| Zni | Urtica urens L | 81,0000 | 0,00000 | 81,0000 | 81,0000 |
| | Urtica dioica L | 79,0000 | 0,00000 | 79,0000 | 79,0000 |
| Znf | Urtica urens L | 317,5000 | 4,13320 | 304,3463 | 330,6537 |
| | Urtica dioica L | 312,2500 | 2,86865 | 303,1207 | 321,3793 |
| Zn_d | Urtica urens L | 236,5000 | 4,13320 | 223,3463 | 249,6537 |
| | Urtica dioica L | 233,2500 | 2,86865 | 224,1207 | 242,3793 |

Nota: Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la fitorremediación.

La tabla 12 nos muestra que, la *Urtica urens* L. probó remover más cadmio que la *Urtica dioica* L. Por otro lado, la *Urtica dioica* L. removió más plomo que la *Urtica urens* L. Por el lado del Zinc, no se dio remoción con ninguna de las variedades, sino todo lo contrario, ocurriendo que con la *Urtica urens* L. se dio un mayor incremento de Zinc.

Tabla 13

Propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga

| Medición | Grupo | Media | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | |
|----------|-----------------|----------------|----------------|--|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| MAVi | Urtica urens L | 7,3900 | 0,00000 | 7,3900 | 7,3900 |
| | Urtica dioica L | 7,3800 | 0,00000 | 7,3800 | 7,3800 |
| MAVf | Urtica urens L | 7,8575 | 0,01031 | 7,8247 | 7,8903 |
| | Urtica dioica L | 7,8150 | 0,02102 | 7,7481 | 7,8819 |
| MAV_d | Urtica urens L | 0,4675 | 0,01031 | 0,4347 | 0,5003 |
| | Urtica dioica L | 0,4350 | 0,02102 | 0,3681 | 0,5019 |
| Ai | Urtica urens L | 2,3900 | 0,00000 | 2,3900 | 2,3900 |
| | Urtica dioica L | 2,1700 | 0,00000 | 2,1700 | 2,1700 |
| Af | Urtica urens L | 2,7775 | 0,32587 | 1,7404 | 3,8146 |
| | Urtica dioica L | 2,4750 | 0,24510 | 1,6950 | 3,2550 |
| A_d | Urtica urens L | 0,3875 | 0,32587 | -0,6496 | 1,4246 |
| | Urtica dioica L | 0,3050 | 0,24510 | -0,4750 | 1,0850 |
| Fi | Urtica urens L | 0,1200 | 0,00000 | 0,1200 | 0,1200 |
| | Urtica dioica L | 0,1100 | 0,00000 | 0,1100 | 0,1100 |
| Ff | Urtica urens L | 0,1375 | 0,01652 | 0,0849 | 0,1901 |
| | Urtica dioica L | 0,1225 | 0,01250 | 0,0827 | 0,1623 |
| F_d | Urtica urens L | 0,0175 | 0,01652 | -0,0351 | 0,0701 |
| | Urtica dioica L | 0,0125 | 0,01250 | -0,0273 | 0,0523 |
| BFNi | Urtica urens L | 64,0000 | 0,00000 | 64,0000 | 64,0000 |
| | Urtica dioica L | 64,0000 | 0,00000 | 64,0000 | 64,0000 |
| BFNf | Urtica urens L | 75,7500 | 9,01272 | 47,0675 | 104,4325 |
| | Urtica dioica L | 70,0000 | 9,70395 | 39,1177 | 100,8823 |
| BFN_d | Urtica urens L | 11,7500 | 9,01272 | -16,9325 | 40,4325 |
| | Urtica dioica L | 6,0000 | 9,70395 | -24,8823 | 36,8823 |

Nota: Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la fitorremediación.

En cada uno de los parámetros microbiológicos, la *Urtica urens L.* ha demostrado una mayor remoción que la que lleva a cabo la *Urtica dioica L.* esto se puede apreciar en los promedios respectivos que se presentan.

Tabla 14

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluación de la normalidad en las mediciones

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------|---------------------------------|----|---------------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| CIC_d | ,173 | 8 | 0,200* | ,969 | 8 | 0,886 |
| pH_d | ,203 | 8 | 0,200* | ,907 | 8 | 0,332 |
| MO_d | ,173 | 8 | 0,200* | ,938 | 8 | 0,596 |
| N_d | ,177 | 8 | 0,200* | ,934 | 8 | 0,555 |
| P_d | ,232 | 8 | 0,200* | ,903 | 8 | 0,310 |
| K_d | ,290 | 8 | 0,056 | ,868 | 8 | 0,145 |
| Cd_d | ,257 | 8 | 0,129 | ,856 | 8 | 0,109 |
| Pb_d | ,248 | 8 | 0,158 | ,813 | 8 | 0,039 |
| Zn_d | ,191 | 8 | 0,200* | ,915 | 8 | 0,394 |
| MAV_d | ,150 | 8 | 0,200* | ,928 | 8 | 0,498 |
| A_d | ,132 | 8 | 0,200* | ,947 | 8 | 0,680 |
| F_d | ,225 | 8 | 0,200* | ,957 | 8 | 0,778 |
| BFN_d | ,211 | 8 | 0,200* | ,919 | 8 | 0,419 |

*. Esto es el límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la fitorremediación.

A partir de la Sig. Asintótica bilateral (p-valor) obtenido en la prueba de normalidad, podemos observar que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, por lo que es pertinente el empleo de un procedimiento estadístico paramétrico para el análisis de los datos. Dicho procedimiento elegido es la t de Student para muestras independientes.

4.2. Contrastación de Hipótesis y Prueba de hipótesis

El estudio contempla el planteamiento de la siguiente hipótesis estadística:

Hi: La fitorremediación con *Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L. tiene efecto diferente sobre la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto.

Nivel de significancia: 5%

Procedimiento estadístico: t de Student para muestras independientes

Tabla 15

Contrastación de la hipótesis con t de Student para muestras independientes

| | Prueba t para la igualdad de medias | | |
|-------|-------------------------------------|----|------------------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) |
| CIC_d | -2,814 | 6 | 0,031 |
| pH_d | 1,388 | 6 | 0,214 |
| MO_d | 0,202 | 6 | 0,846 |
| N_d | 0,241 | 6 | 0,817 |
| P_d | 0,434 | 6 | 0,679 |
| K_d | 1,514 | 6 | 0,181 |
| Cd_d | -9,599 | 6 | 0,000 |
| Pb_d | 2,181 | 6 | 0,072 |
| Zn_d | 0,646 | 6 | 0,542 |
| MAV_d | 0,086 | 6 | 0,935 |
| A_d | -0,590 | 6 | 0,577 |
| F_d | 0,167 | 6 | 0,873 |
| BFN_d | 0,117 | 6 | 0,911 |

La significancia asintótica bilateral (p-valor) obtenida que se puede apreciar (0.000) y considerando un nivel de significancia de 5%, esto indica que en donde efectivamente si hubo diferencia significativa comparando las dos variedades de ortiga, y esto se dio en el CIC (p-valor=0.031) y en la remoción de Cadmio (p-valor= 0.000), en los demás parámetros, no existe diferencia entre los resultados que presentan ambas ortigas.

Tabla 16

Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores físicos y metales pesados químicos y biológicos del suelo

| Variedad de ortiga | Indicador inicial | interpretación | Indicador final | interpretación |
|--------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|---|
| <i>Urtica urens L.</i> | Textura = Franco arenoso | Se sobrecarga con poca agua y se seca rápidamente | Textura = Franco arenoso | Se sobrecarga con poca agua y se seca rápidamente |
| <i>Urtica dioica L.</i> | Textura = Franco arenoso | Se sobrecarga con poca agua y se seca rápidamente | Textura = Franco arenoso | Se sobrecarga con poca agua y se seca rápidamente |
| | Pb = 230 ppm | Por encima del ECA para suelo agrícola y residencial | Pb = 149.5 ppm | Con reducción de ppm, pero aun por encima del ECA para suelo agrícola y residencial |
| <i>Urtica urens L.</i> | Cd = 2.215 ppm | Por encima del ECA para suelo agrícola | Cd = 0.575 ppm | Por debajo del ECA para suelo agrícola |
| | Zn = 80 ppm | Dentro del rango del ECA para suelo agrícola | Zn = 312.25 ppm | Por encima del ECA para suelo residencial |
| | Pb = 230 ppm | Por encima del ECA para suelo agrícola y residencial | Pb = 137.5 ppm | Dentro del rango del ECA para suelo residencial |
| <i>Urtica dioica L.</i> | Cd = 2.215 ppm | Por encima del ECA para suelo agrícola | Cd = 0.64 ppm | Por debajo del ECA para suelo agrícola |
| | Zn = 80 ppm | Dentro del rango del ECA para suelo agrícola | Zn = 317.5 ppm | Por encima del ECA para suelo residencial |

Nota: La interpretación es en base a lo establecido en el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobado por el D. S. N° 011-2017-MINAM.

Tabla 17

Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores químicos del suelo

| Variedad de ortiga | Indicador inicial | interpretación | Indicador final | interpretación |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| <i>Urtica urens L.</i> | pH = 7.39 | Ligeramente alcalino | pH = 7.8575 | Ligeramente alcalino |
| | Materia orgánica = 2.28 % | Media | Materia orgánica = 2.475 % | Media |
| | Nitrógeno (N) = 0.115 ppm | Medio | Nitrógeno (N) = 0.1225 ppm | Medio |
| | Fósforo (P) = 64 ppm | Alto | Fósforo (P) = 70 ppm | Alto |
| | Potasio (K) = 845.5 ppm | Alto | Potasio (K) = 838 ppm | Alto |
| <i>Urtica dioica L.</i> | pH = 7.38 | Ligeramente alcalino | pH = 7.815 | Moderadamente alcalino |
| | Materia orgánica = 2.28 % | Medio | Materia orgánica = 2.775 % | Medio |
| | Nitrógeno (N) = 0.115 ppm | Medio | Nitrógeno (N) = 0.1375 ppm | Medio |
| | Fósforo (P) = 64 ppm | Alto | Fósforo (P) = 75.75 ppm | Alto |
| | Potasio (K) = 845.5 ppm | Alto | Potasio (K) = 889.75 ppm | Alto |

Nota: La interpretación es en base a lo establecido en Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

Tabla 18

Interpretación del efecto de la fitorremediación sobre los indicadores biológicos del suelo

| Variedad de ortiga | Indicador inicial | interpretación | Indicador final | interpretación |
|--------------------------------|--|----------------|--|----------------|
| <i>Urtica urens L</i> | Enumeración de microorganismos aerobios viables = 33×10^3 UFC/g | Moderado | Enumeración de microorganismos aerobios viables = 46×10^3 UFC/g | Moderado |
| | Enumeración de lactobacillus | Ausencia | Enumeración de lactobacillus | Ausencia |
| | Enumeración de Actinomicetos = 120×10^3 UFC/g | Alto | Enumeración de Actinomicetos = 1585×10^2 UFC/g | Moderado |
| | Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) = 5×10^3 UFC/g | Moderado | Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) = 4×10^3 UFC/g | Moderado |
| | Bacterias fijadoras de Nitrógeno = 6×10^3 UFC/g | Moderado | Bacterias fijadoras de Nitrógeno = 205×10^2 UFC/g | Moderado |
| | | | | |
| <i>Urtica dioica L.</i> | Enumeración de microorganismos aerobios viables = 33×10^3 UFC/g | Moderado | Enumeración de microorganismos aerobios viables = 46×10^3 UFC/g | Moderado |
| | Enumeración de lactobacillus | Ausencia | Enumeración de lactobacillus | Ausencia |
| | Enumeración de Actinomicetos = 120×10^3 UFC/g | Alto | Enumeración de Actinomicetos = 1585×10^2 UFC/g | Moderado |
| | Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) = 5×10^3 UFC/g | Moderado | Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) = 4×10^3 UFC/g | Bajo |
| | Bacterias fijadoras de Nitrógeno = 6×10^3 UFC/g | Moderado | Bacterias fijadoras de Nitrógeno = 205×10^2 UFC/g | Bajo |
| | | | | |

Nota: La interpretación es en base al laboratorio de microbiología general Tingo María UNAS.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al objetivo general: Demostrar el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto; los datos demuestran de manera significativa la reducción de metales pesados que se registra en las muestras de la población estudiada, esto se atribuye a la fitorremediación por fitoextracción de la ortiga, además que los resultados que se obtuvieron en este estudio apuntan a que la ortiga es un buen estimulador de la biología del suelo.

Los resultados demuestran la reducción de plomo 230 ppm inicial a 149.5 ppm final y cadmio 2.215 ppm inicial a 0.575 ppm final con *Urtica urens* L. Además de, plomo 230 ppm inicial a 137.5 ppm final y cadmio; 2.215 ppm inicial a 0.64 ppm final con *Urtica dioica* L. quedando dentro del rango establecido en Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estos resultados están ligados a la capacidad fitorremediadora por fitoextracción de la ortiga tal como, Díaz (2017) menciona en su Tesis titulada “Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediar de suelos contaminados por plomo en La Oroya, Junín”. cuyos resultados fueron que la ortiga fue capaz de acumular en sus hojas 84,34 mg/kg y en sus raíces 25,06 mg/kg, teniendo una concentración inicial de 1119.51 mg/kg y la concentración final de 1010,05 mg/kg, con lo que se logró disminuir 109,046 mg/kg de plomo (Pb). Y del mismo modo, Yacolca (2017) en su Tesis titulada: “Capacidad de fitorremediación de la ortiga (*Urtica urens* L.) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel, Cerro de Pasco”, Universidad César Vallejo, en cuyo resultado muestran una disminución de 324,55 mg/kg de concentración de plomo (Pb) del suelo. Con lo que pudo determinar la existencia de una relación directamente proporcional entre la biomasa de la ortiga y la concentración de Pb, del mismo modo obtuvo variaciones de consideración en las características morfológicas de las cuatro plantas, además obtuvo la

reducción del plomo (Pb) del suelo, hasta 243,63 mg/kg en una de sus repeticiones.

Con respecto al Zinc inicial 80 ppm tuvo un incremento con *Urtica urens L.* a 312.25 ppm final y con *Urtica dioica L.* 317.5 ppm final, obteniendo un incremento de este elemento, coincidiendo con lo que menciona Marcelo (2017) en su Tesis titulada: “Capacidad de fitorremediación de la *Urtica urens L.* en suelos con presencia de metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad, Universidad César Vallejo” que concluyó después del proceso de fitorremediación que la *Urtica urens L.* no tiene capacidad para fitorremediar metales como Aluminio (Al), Bario, Berilio, Cesio, Litio tampoco el Vanadio de una manera contaría actuó para incrementar las concentraciones.

Los resultados demuestran un pH de 7.39 ligeramente alcalino pasando a pH 7.9 moderadamente alcalino con *Urtica urens L.* y pH 7.38 ligeramente alcalino manteniéndose dentro del rango con pH 7.8 con *Urtica dioica L.*, a diferencia de lo que mencionan, López y Contreras (2017) en su Tesis titulada: “Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remover de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal” cuyo resultado tiene que el pH reportado en la Muestra Blanco tiene 5,7 unidades de pH lo que es un índice de problemas graves de acidez, pero tiene una estrecha relación con problemas de Al^{3+} Intercambiable. Mientras tanto, la Muestra Botadero, presenta un valor de 4,4 unidades de pH, el cual es un indicador de un suelo extremadamente ácido, relacionando esto con el déficit de bases intercambiables.

La materia orgánica 2.28% inicial, Nitrógeno 0.115% inicial, Fósforo 64 ppm inicial, Potasio 845.5 ppm inicial, con *Urtica urens L.* materia orgánica 2.475 ppm final; Nitrógeno 0.1225 % final; fosforo 70 ppm final; potasio 838 ppm final. y con *Urtica dioica L.* materia orgánica 2.7775 ppm final; Nitrógeno 0.1375 % final; fosforo 77.75 ppm final; potasio 889.75 ppm final. presentando niveles altos para la calidad optima del suelo, esto se debe a la descomposición de los residuos sólidos presentes, a diferencia de evaluar un suelo que no tuvo los mismos impactos, pueden presentar niveles más

óptimos así como lo describe Díaz (2018) en su Tesis titulada: “Evaluación de la calidad de suelo en un bosque reforestado con eucalipto en la zona de Pacán – Huánuco, Universidad Nacional Hermilio Valdizán”, cuyos resultados obtenidos del laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Agraria de La Molina, determinaron que el bosque reforestado representado por muestra número 1 (M1), materia orgánica en un 5.63%, Nitrógeno en un 0.25%, Fósforo 3.3 ppm y Potasio en 62 ppm.

Con respecto al objetivo específico 01: Describir las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.), el análisis mecánico del suelo inicial y final está en la clasificación de textura franco arenoso con ambas variedades de ortiga, que por esta característica se sobrecarga con poca agua y se seca rápidamente, el cual necesita un monitoreo continuo en el proceso de la fitorremediación.

Con respecto al objetivo específico 02. Describir la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.); en base a lo establecido en Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, la reducción de Plomo (Pb) la *Urtica dioica* L. tuvo mejor desempeño, y en la reducción de Cadmio (Cd) *Urtica urens* L. tuvo mejor desempeño, sin embargo ambas variedades incrementaron la presencia de Zinc (Zn) de 80 ppm a 312.25 ppm dejándolo por encima del ECA para suelo residencial

Con respecto al objetivo específico 03. Describir las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.); con respecto al pH, ninguna de las variedades optimiza a un valor neutro, de lo contrario tienden a incrementar la alcalinidad; respecto a la materia orgánica (M.O.) ambos mantienen un rango medio, que está ligado a la disponibilidad de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), lo cual se limita por la presencia aun de algunos metales pesados.

Con respecto al objetivo específico 04. Describir las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.), la materia orgánica limitada no permite el desarrollo microbiológico, sin embargo, ambas variedades de ortiga son capaces de mantener la actividad microbiológica y estimular el desarrollo de la actividad microbiológica.

CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general, la presente investigación se concluye que la *Urtica urens* L. tuvo efecto sobre los indicadores: pH, CIC, reducción de metales pesados y estimulación de microorganismos benéficos, y la *Urtica dioica* L. en menor proporción sobre los mismos indicadores.

Con respecto al objetivo específico 01, la textura del suelo se mantiene en franco arenoso en el proceso de fitorremediación con ambas variedades de ortiga (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.)

Con respecto al objetivo específico 02, El plomo y cadmio analizados reducen su presencia después de la fitorremediación a excepción del zinc que incrementa de manera significativa en ambas variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.)

Con respecto al objetivo específico 03, El pH ligeramente alcalino pasa a moderadamente alcalino con *Urtica urens* L. y se mantiene con *Urtica dioica* L. La materia orgánica (M.O.), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), tiene un ligero incremento en la fitorremediación con ambas variedades de ortiga.

Con respecto al objetivo específico 04, En el grupo operacional *Urtica urens* L. se presenta un número alto de actinomicetos, un moderado número de heterotróficos al igual que las bacterias que fijan nitrógeno, y menor número de mohos y levaduras. Y en el grupo operacional *Urtica dioica* L. presenta un número moderado de heterotróficos, mohos y levadura, bacterias fijadoras de nitrógeno y actinomicetos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para una próxima investigación se determine la capacidad fitoacumuladora en las variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.). haciendo análisis de las raíces, tallo y hojas.

Se recomienda realizar el estudio por un periodo más prolongado de tiempo, como también los análisis de otros metales pesados, con calicatas más profundas.

Se recomienda el estudio de la actividad microbiológica en el suelo del botadero de Marabamba, como también otras especies vegetales que se desarrollan por sobre el pasivo ambiental.

Se recomienda a las autoridades competentes involucrarse en proyectos de investigación que presenten esta naturaleza, velar por la recuperación de los espacios contaminados.

Se recomienda realizar una caracterización de la situación actual del ex botadero Marabamba, considerando línea base social, composición física, química, biológica del suelo y el agua.

Para suelo agrícolas que presenten metales pesados (plomo y cadmio) se recomienda hacer un presiembra con *Urtica urens* L. por su capacidad fitorremediadora y fitoextractora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, A. (2019). *¿Dónde va nuestra basura?* [Diapositiva]. Informe Defensorial N° 181, Perú. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/PPT-Informe-Defensorial-181.pdf>
- Abanto, J., Calvo, R., & López, K. (2016). *Problemática de residuos sólidos en Huánuco*. Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental. <http://www.ods.org.pe/material-de-consulta/10-botaderos-en-huanuco-diresa/file>
- Agudelo, L., Macias, K., & Suárez, A. (2005). Fitorremediación: La alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. 5.
- Banegas, N. (2014). Calidad y Salud del Suelo. 6.
- Carhuaricra, P. (2019). Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *limnobium laevigatum* y *eichhornia crassipes* para dar tratamiento a las aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), [Tesis, Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1598>
- Delgadillo-López, A., González-Ramírez, C., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 16.
- Díaz, H. (2018). Evaluación de la calidad de suelo en un bosque reforestado con eucalipto en la zona de Pacán—Huánuco 2017 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/3550>
- Díaz, M. (2017). Capacidad de acumulación de la ortiga (*urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en La Oroya,

Junín. [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/6866>

DIGESA. (2004). Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos.
<https://www.google.com/search?q=minsa+lixiviados+de+rellenos+santuarios>

EL Productor. (2020). Propiedades físicas del suelo | Noticias Agropecuarias [Periódico]. <https://elproductor.com/2020/01/propiedades-fisicas-del-suelo/>

Espejo, R. (2016). La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo como sumidero de CO₂ atmosférico y defender a los suelos agrícolas de la erosión (Primera edición, Vol. 1). Agricultura de Conservación.
http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102_doc_REspejo.pdf

FAO. (2019). COLOR Y MANCHAS DE COLOR.
http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s05.htm

Guillermo, L., & Francisco, C. (2011). Edafología 1 (Primera edición, p. 170).
<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Iturbe, R. (2010). ¿Qué es la Biorremediación? (Primera Edición, Vol. 11).
http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciabolet/cb_11.pdf

Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., & Mroginsk, L. (2010). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. 14.

López, J., & Contreras, E. (2017). Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal [Universidad de La Salle].

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1715&context=ing_ambiental_sanitaria

Marcelo, G. (2017). Capacidad fitorremediadora de *Urtica urens* L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22493>

Mentaberry, A. (2011). Fitorremediación. 63.

MINAM. (2013). Aprueban Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-muestreo-suelos-guia-elaboracion-planes-descontaminacion>

MINAM. (2015). Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2682-guia-para-la-elaboracion-de-estudios-de-evaluacion-de-riesgos-a-la-salud-y-el-ambiente-ersa-en-sitios-contaminados>

Moreno, H., Blanquer, J., & Ibáñez, S. (2010). El Color del Suelo. 7.

Núñez, R., Vong, Y., Ortega, R., & Olguín, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. 15.

OEFA. (2014). La Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos. <https://www.google.com/search?q=relleno+sanitario+significado&rlz>

Queupuan, M. (2017). Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L. [Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152823>

Ramírez, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. (Primera edición, p. 24). Produmedios.

- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La Contaminación del Suelo una Realidad Oculta (p. 144). <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Romoleroux, K., Cárate-Tandalla, D., Erler, R., & Navarrete, H. (2019). *Urtica urens*. <https://bioweb.bio/floraweb/polylepis/FichaEspecie/Urtica%20urens>
- Rusell, D. (2019). El suelo: El tesoro que vive bajo nuestros pies. 6.
- Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la Investigación Científica (Tercera edición, Vol. 1). Bioestadístico EEDU.
- Tarazona, L. (2018). Evaluación del efecto de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y un bosque natural de aliso (*Alnus glutinosa*) en la calidad del suelo; en zona de Ragraj-San Buenaventura. [Universinad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/4075/PGA%2000071T22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yacolca, M. (2017). Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/29038>
- Zerbino, S., & Altier, N. (2020). La Biodiversidad del suelo su Importancia para el Funcionamiento de los Ecosistemas. 2.
- Zúñiga, P. (2020). Fitorremediación de suelo agrícola contaminado con cadmio con la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, en la cuenca baja del río Guayas [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48750>

ANEXOS

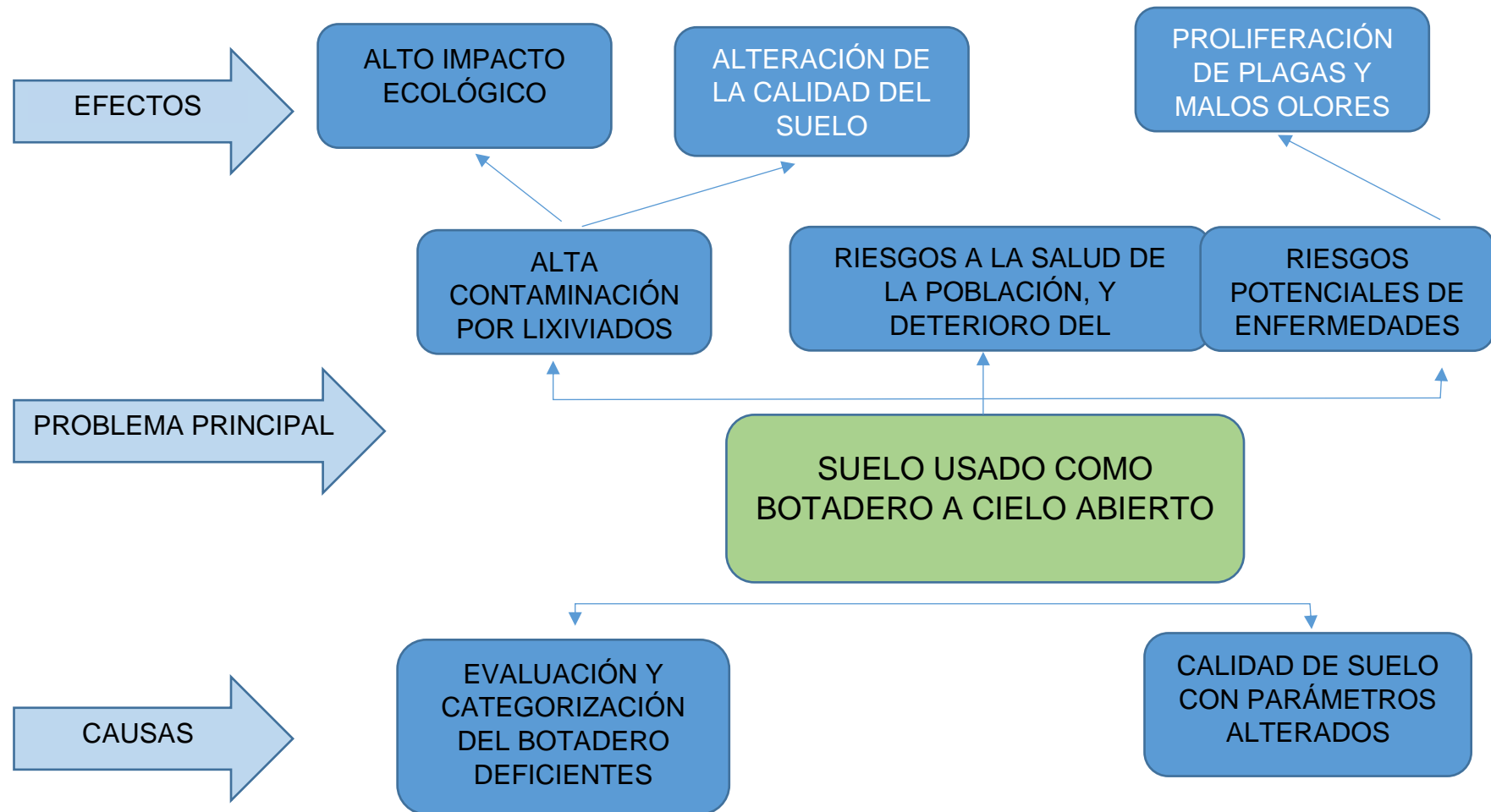
Anexo 1 Matriz de consistencia

Título: “Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco – 2021”

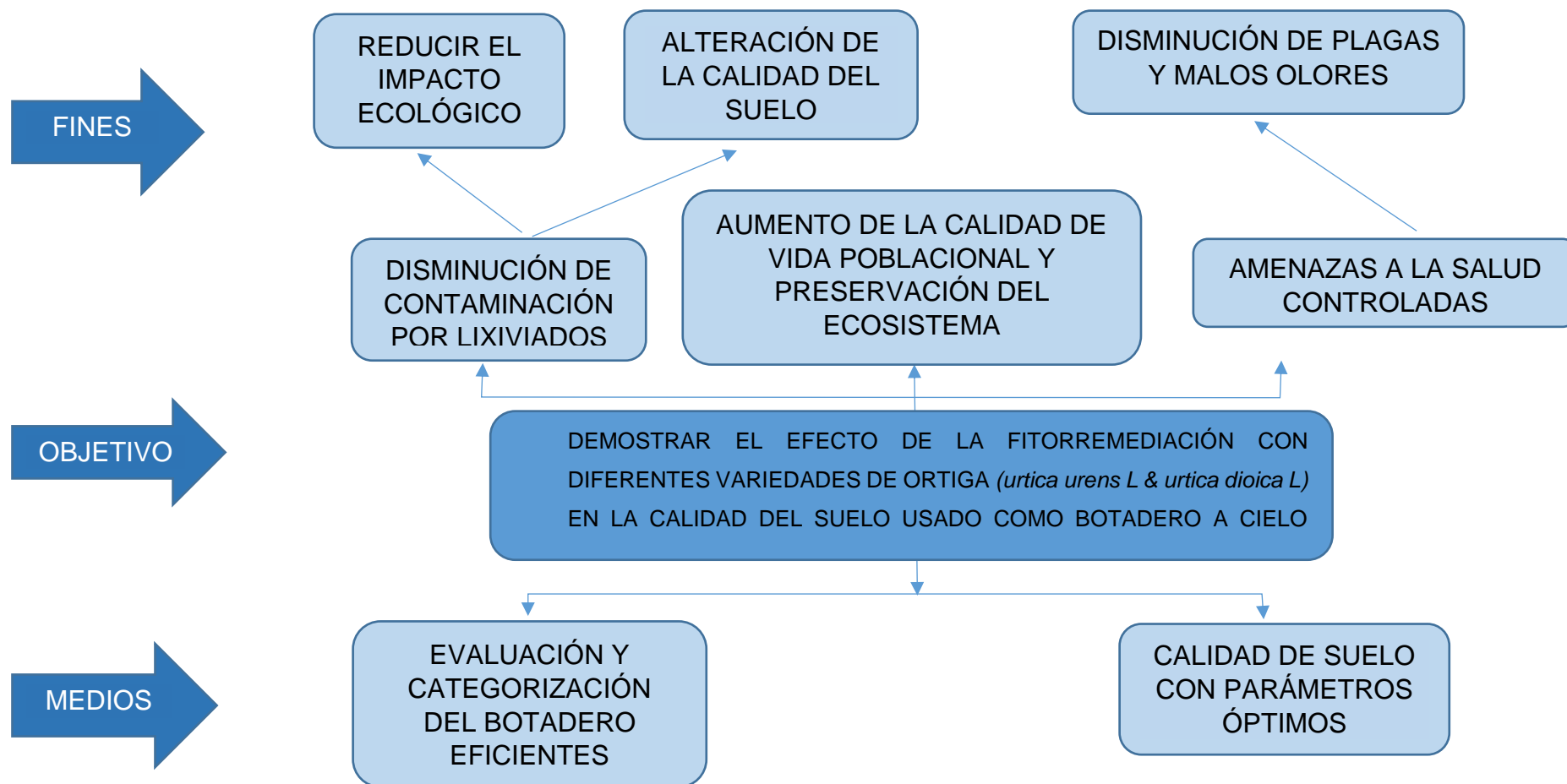
Tesista: Bach. Paredes Tello, Erick Elías.

| Problema principal | Objetivo principal | Hipótesis principal | Variables/Indicadores | Metodología |
|--|--|--|---|---|
| ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto? | Demostrar el efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto | La fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) tiene efecto positivo en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto. | Independiente: Fitorremediación <ul style="list-style-type: none"> <i>Urtica urens</i> L. <i>Urtica dioica</i> L. | Tipo: Experimental, Prospectivo, Longitudinal, Analítico. Enfoque: cuantitativo. Nivel: explicativo. |
| Problemas secundarios | Objetivos secundarios | Hipótesis secundarias | | |
| ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.)? | Describir las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Las propiedades físicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Dependiente: Calidad del suelo. | Diseño: Experimental, Prospectivo, Longitudinal y Analítico. |
| ¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.)? | Describir la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Los metales pesados reducen significativamente del suelo después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Propiedades físicas <ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente. Densidad real. Textura. Estructura. Color. | Población: 1000 m2 de terreno |
| ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.)? | Describir las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Las propiedades químicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Propiedades químicas <ul style="list-style-type: none"> pH | Muestra: 50 kg de suelo contaminado |
| ¿Cuáles son las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.)? | Describir las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Las propiedades biológicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando las dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens</i> L.) y (<i>Urtica dioica</i> L.) | Propiedades biológicas <ul style="list-style-type: none"> Bacterias Hongos | |

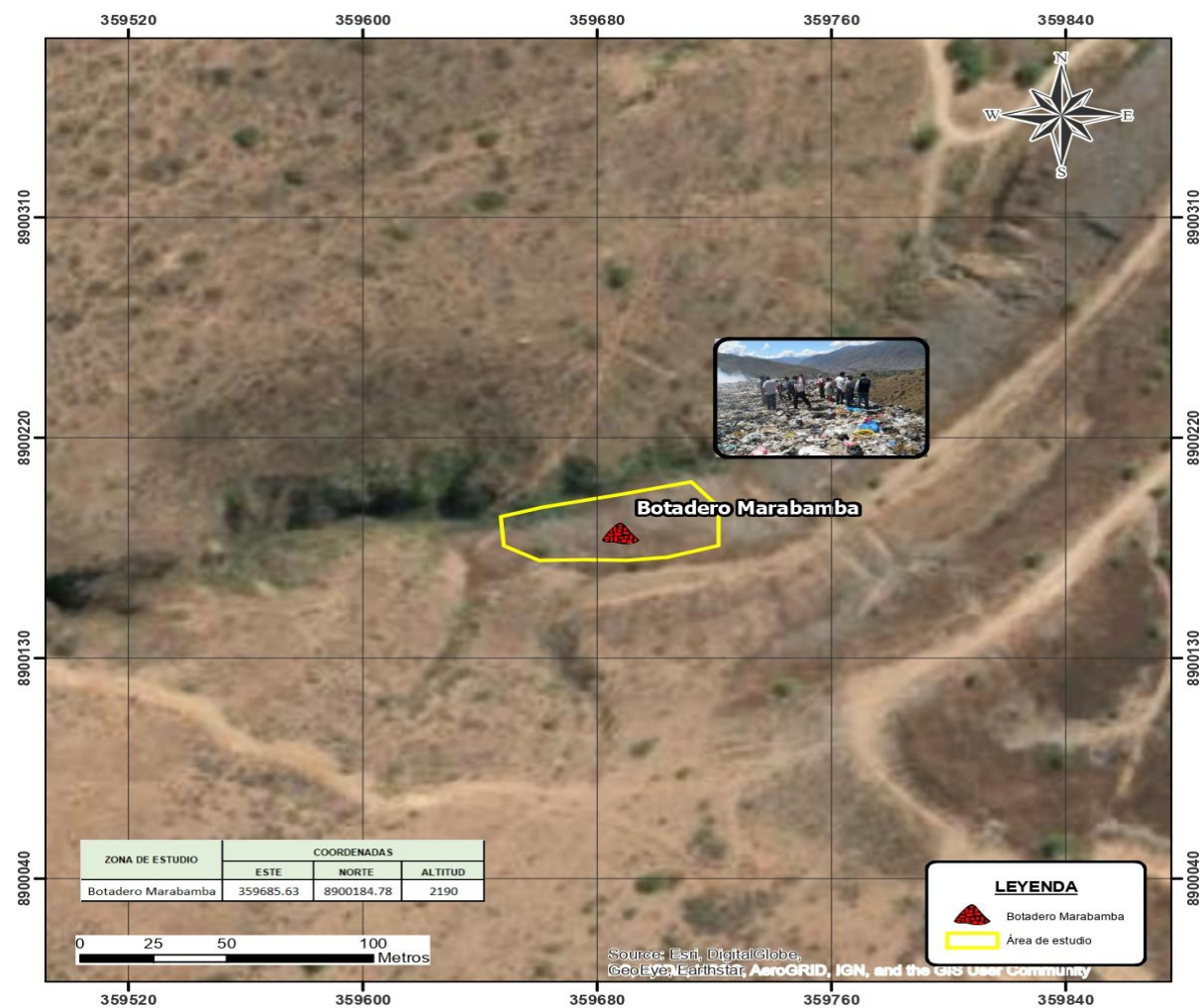
Anexo 2 Diagrama de causas y efectos



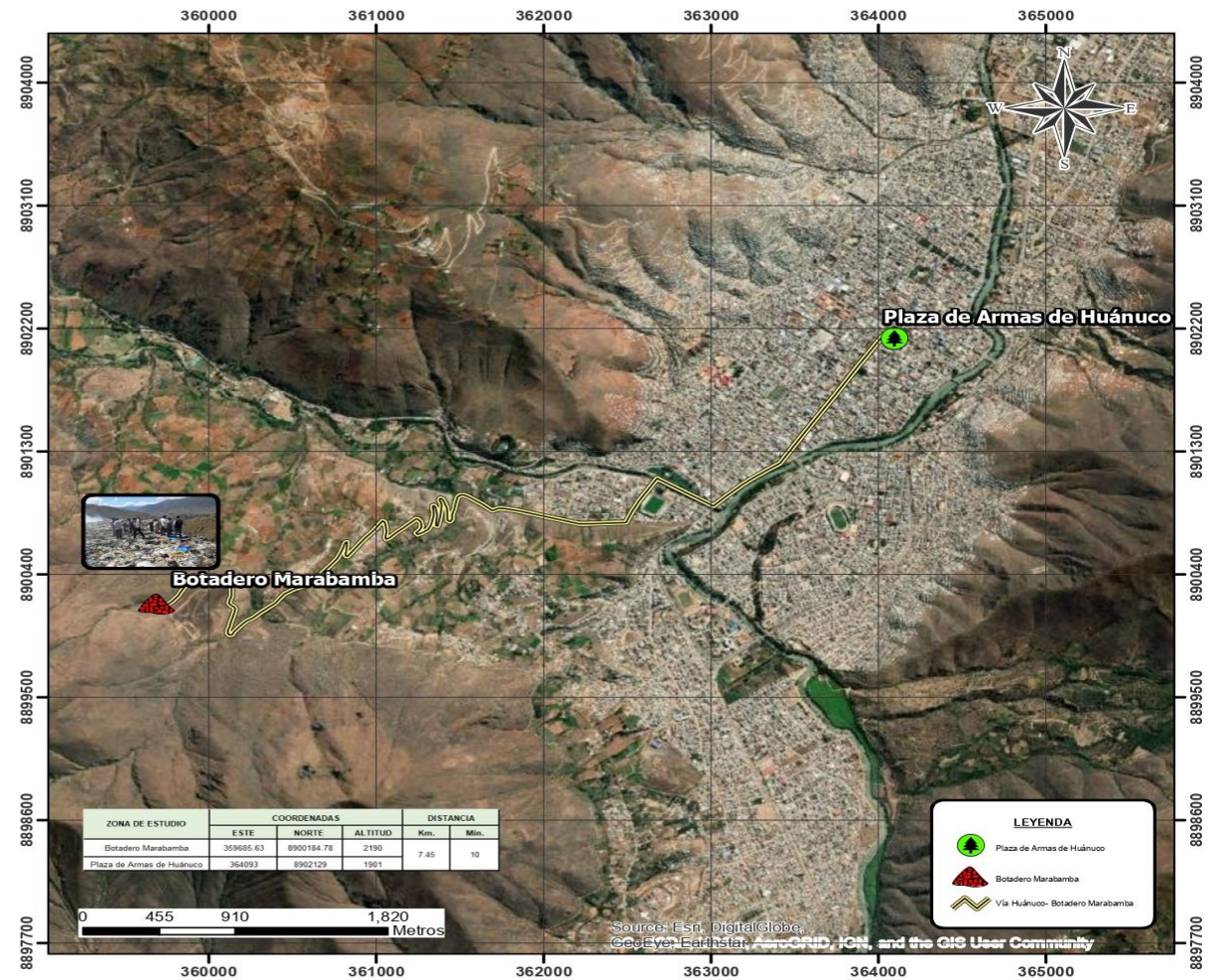
Anexo 3 Diagrama de medios y fines



Anexo 4 Mapa de ubicación

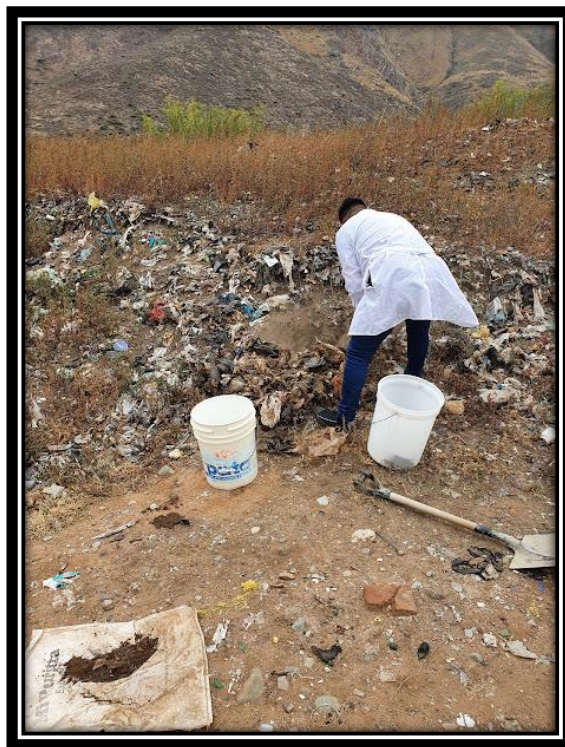


Anexo 5 Mapa de accesibilidad



Anexo 6 Panel fotográfico

Fotografía 1: reconocimiento de lugar y remoción de superficie y elaboración de calicata



Fotografía 2: Toma de primeras muestras, rotulado y etiquetado



Fotografía 3: Muestra total para el trabajo ex situ, de la fitorremediación.



Fotografía 4: tamizado de muestra de suelo, para separar restos de residuos sólidos



Fotografía 5: Calidad de suelo pre tamizado y pre fitorremediación



Fotografía 6: separación de muestra en maceteros y siembra de ortigas



Fotografía 7: Etapa final de fitorremediación



Fotografía 8: verificaciones finales de fitorremediación y evaluación de efecto.



Fotografía 9: Rotulación de muestras finales con código de cada repetición.



Fotografía 10: Refrigeración de las muestras para traslado al laboratorio



Fotografía 11: Análisis de parámetros químicos de las muestras de suelo post fitorremediación



Fotografía 12: preparación de muestras para el método de la probeta, análisis físicos.



Fotografía 13: Determinación de densidad aparente, y porcentaje de porosidad por el método de la probeta



Fotografía 14: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de absorción atómica, para metales pesados



Anexo 7 Resultados de análisis de muestras enviadas a laboratorio
análisis de suelos de la UNAS



ANÁLISIS DE SUELOS

| SOLICITANTE: ERICK PAREDES TELLO | | | | | | | | | | | | | | PROCEDENCIA: HUANUCO | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------------------|---------|-----------|--------|---------|------------------|------|------|------|----|----------------|------|----------------------|----|-------|-------------------------|------|------|------|----|------|-----|------------|---|-------------|---|---|
| N° | Cod Lab | DA ANALISIS MECANICO | | | | | pH | M.O. | N | P | K | Cd | | | Zn | CIC | CAMBIABLES Cmol(+) / kg | | | | | CICe | % | Bas. Camb. | % | Ac. Sat. Al | % | |
| | | REFERE NCA | Arena % | Arcilla % | Limo % | Textura | | | | | | disponible ppm | ppm | ppm | | | Ca | Mg | K | Na | Al | | | | | | | H |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S06008 A | M1 | 63 | 12 | 25 | | Francoso Arenoso | 7.39 | 2.39 | 0.12 | 64 | 848 | 2.42 | 204 | 81 | 14.97 | 9.38 | 1.13 | 3.82 | 0.65 | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 | S06008 B | M2 | 61 | 14 | 25 | | Francoso Arenoso | 7.38 | 2.17 | 0.11 | 64 | 843 | 2.01 | 266 | 79 | 14.50 | 9.01 | 1.07 | 3.73 | 0.68 | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0627468

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2021



[Signature]
Ing. L. J. C. Lucilla Huayta
ASPE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

| SOLICITANTE: ERICK PAREDES TELLO | | | | | | | | | | | | | | | PROCEDENCIA: HUANUCO | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------------------|---------|------|----|-----------------|------|------|------|----|-----|-------|-----|-----|----------------------|-------|------|------|------|------|---|------------|-----|-------------|---|---|---|-----|-----|
| Cód. Lab | Material | ANÁLISIS MECÁNICO | | | pH | M.O. | N | P | K | Cd | Pb | Zn | | CIC | CAMBIABLES | | | | | CICe | % | Bas. Camb. | % | Ac. Sat. Al | | | | | |
| | | Arena | Arcilla | Limo | | | | | | | | total | Ca | | Mg | K | Na | Al | H | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | % | % | % | ppm | ppm |
| 1 | S0684 | UD1 | 65 | 20 | 15 | Francia Arenoso | 7.88 | 2.07 | 0.10 | 61 | 846 | 0.66 | 139 | 306 | 16.99 | 13.25 | 2.03 | 1.29 | 0.43 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | | | | |
| 2 | S0685 | UD2 | 65 | 20 | 15 | Francia Arenoso | 7.86 | 2.57 | 0.13 | 62 | 836 | 0.64 | 126 | 317 | 16.02 | 12.64 | 1.92 | 1.09 | 0.47 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | | | | |
| 3 | S0686 | UD3 | 65 | 19 | 16 | Francia Arenoso | 7.83 | 2.84 | 0.14 | 81 | 841 | 0.58 | 146 | 324 | 18.25 | 14.65 | 1.97 | 1.12 | 0.51 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | | | | |
| 4 | S0687 | UD4 | 61 | 20 | 19 | Francia Arenoso | 7.86 | 3.63 | 0.18 | 99 | 836 | 0.68 | 139 | 323 | 18.51 | 14.78 | 1.97 | 1.25 | 0.51 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | | | | |

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0634501

TINGO MARIA, 23 DE AGOSTO 2021



[Handwritten signature]
Ing. Luis C. Córdova Sotelo
EPR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

| SOLICITANTE: ERICK PAREDES TELLO | | | | | | | | | | | | | | PROCEDENCIA: HUANUCO | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------------------|----------|--------|---------|------|------|------|----------------|-----|------|-----------|-----|----------------------|-------|------|------|------|---|------|---|------------|-----------|---|---------|--|--|
| Cód Lab | Muestreo | ANÁLISIS MECÁNICO | | | pH | M.O. | N | P | K | Cd | Pb | Zn | CIC | CAMBIABLES Cmo(+)/kg | | | | | | CICe | % | Bas. Camb. | Ac. Camb. | % | Sat. Al | | |
| | | Arena % | Arilla % | Limo % | | | | | | | | | | Ca | Mg | K | Na | Al | H | | | | | | | | |
| | | | | | Textura | 1:1 | % | | disponible ppm | ppm | ppm | total ppm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S0680 | UU1 | 63 | 20 | 17 | 7.76 | 1.87 | 0.09 | 53 | 875 | 0.54 | 157 | 319 | 19.14 | 15.12 | 2.26 | 1.25 | 0.51 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 | S0681 | UU2 | 63 | 18 | 19 | 7.83 | 2.46 | 0.12 | 54 | 840 | 0.58 | 197 | 315 | 21.32 | 17.24 | 2.25 | 1.32 | 0.51 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |
| 3 | S0682 | UU3 | 61 | 20 | 19 | 7.81 | 2.50 | 0.13 | 82 | 802 | 0.50 | 121 | 308 | 18.21 | 14.25 | 2.14 | 1.28 | 0.54 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |
| 4 | S0683 | UU4 | 59 | 20 | 21 | 7.86 | 3.07 | 0.15 | 91 | 835 | 0.58 | 123 | 307 | 19.11 | 15.24 | 2.06 | 1.24 | 0.57 | - | - | - | 100 | 0 | 0 | 0 | | |

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0634501

TINGO MARIA, 23 DE AGOSTO 2021



[Firma]
Ing. Erick Paredez Tello



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0633070

Muestra : Suelo
Procedencia : Huánuco
Atención a : Erick Elías Paredes Tello
Fecha recepción : 17/06/2021
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|---------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 33×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 120×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 5×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 6×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de Actinomicetos, un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos), Fungi (hongos), Bacterias fijadoras de Nitrógeno.



Tingo María, 17 de Julio de 2021


Dr. Mcblgo. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 0634501

Muestra : Suelo M1 - UU
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08- 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|---------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 16×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 216×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 4×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 11×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de Actinomicetos, un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos) y Bacterias fijadoras de Nitrógeno y un número bajo de Fungi (Mohos y Levaduras).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. Mcblgo. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 0634501

Muestra : Suelo M2 - UU
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08- 2021
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|---------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 71×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 260×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 4×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 21×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto microorganismo Aerobios viables (heterotróficos), Actinomicetos, un número moderado de Bacterias fijadoras de Nitrógeno y un número bajo de Fungi (Mohos y Levaduras).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021




Dr. Mcblgo. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 0634501

Muestra : Suelo M3 - UU
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08- 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|---------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 43×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 136×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 7×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 32×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de Actinomicetos, un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos), bacterias fijadoras de Nitrógeno y Fungi (Mohos y Levaduras).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. Mcblgo. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 0634501

Muestra : Suelo M4 - UU
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08- 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|--------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 54×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 76×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 1×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 18×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos), Actinomicetos, un número moderado de Bacterias fijadoras de Nitrógeno y un número bajo de Fungi (Mohos y Levaduras).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 00634501

Muestra : Suelo M1 - UD
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08- 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viabiles
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viabiles | : 12×10^3 UFC/g | 3 - 7 x1 0 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 28×10^3 UFC/g | 2 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 5×10^3 UFC/g | 1 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 12×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número moderado de microorganismo Aerobio Viabiles (heterotróficos), Fungi (Mohos y Levadura), Bacterias fijadoras de Nitrógeno y Actinomicetos.

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. M^glgo. Bcnlg^o. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 00634501

Muestra : Suelo M2 - UD
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08 - 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viabiles
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viabiles | : 76 x 10 ³ UFC/g | 3 - 7 x 10 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 304 x 10 ³ UFC/g | 2 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 2 x 10 ³ UFC/g | 1 - 3 x 10 ³ UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 32 x 10 ³ UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de microorganismo Aerobio Viabiles (heterotróficos), Actinomicetos, y un número moderado de Bacterias fijadoras de Nitrógeno y un número bajo de Fungi (Mohos y Levadura).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. Mcblgo. Bictlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001-00634501

Muestra : Suelo M3 - UD
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08 - 2021
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|---------------------------|---------------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 37×10^3 UFC/g | 3 - 7×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 108×10^3 UFC/g | 2 - 3×10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 4×10^3 UFC/g | 1 - 3×10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 36×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de Actinomicetos, y un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos), Bacterias fijadoras de Nitrógeno y un número bajo de Fungi (Mohos y Levadura).

Tingo María, 31 de Agosto de 2021



Dr. Mchgo. Bcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 00634501

Muestra : Suelo M4 - UD
Procedencia : Huánuco
Atención a : Bach. Erick Paredes Tello
Fecha recepción : 18 - 08 - 2021

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno

RESULTADOS:

| Determinación | Resultados | Valor referencial |
|---|--------------------------|----------------------|
| - Enumeración de microorganismos Aerobios Viables | : 65×10^3 UFC/g | 3 - 7 x 10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Lactobacillus | : Ausencia | 2 - 3 x 10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Actinomicetos | : 20×10^3 UFC/g | 2 - 3 x 10^3 UFC/g |
| - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras) | : 6×10^3 UFC/g | 1 - 3 x 10^3 UFC/g |
| - Bacterias fijadoras de Nitrógeno | : 6×10^3 UFC/g | Presencia |

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número moderado de microorganismo Aerobio Viables (heterotróficos), Actinomicetos, y un número bajo de Fungi (Mohos y Levadura), Bacterias fijadoras de Nitrógeno.



Tingo María, 31 de Agosto de 2021

Dr. Mcblgo.Btcnlgö. César S. López López
Laboratorio Microbiología General